



**UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE**

**FACULTAD DEL DEPORTE**

**MONITORIZACIÓN DE RESPUESTAS FÍSICAS Y  
FISIOLÓGICAS AL ENTRENAMIENTO Y LA  
COMPETICIÓN EN FÚTBOL**

Tesis Doctoral presentada por

**Miguel Ángel Campos Vázquez**

Dirigida por

**Dr. D. José Antonio González Jurado**

**Dr. D. Luis Jesús Suárez Moreno-Arrones**

**Dr. D. Juan Antonio León Prados**

Sevilla, 2015



# **MONITORIZACIÓN DE RESPUESTAS FÍSICAS Y FISIOLÓGICAS AL ENTRENAMIENTO Y LA COMPETICIÓN EN FÚTBOL**

**Miguel Ángel Campos Vázquez**



# Agradecimientos

Me gustaría dedicar estas palabras de agradecimiento a todas aquellas personas que de una forma u otra han contribuido a generar en mí la ilusión necesaria para llevar a cabo este proyecto, y a proporcionarme la suficiente energía para realizarlo a “estas alturas de mi vida”.

En primer lugar a mi mujer, *María*, y a mis dos tesoros *María* y *Lucía*. Por todo el tiempo que os he “robado” para poder realizar esta Tesis. Por vuestro apoyo incondicional en los malos momentos y por vuestro cariño y amor.

Muchísimas gracias a mis padres *Miguel* y *Carmina*. Por habérmelo dado todo durante mi infancia y juventud; por inculcarme y exigirme ser un buen estudiante, y por vuestro apoyo en todas las decisiones que tomé en el difícil camino de la vida.

Gracias de corazón a mis dos hermanas, *Vane* y *Estefi*. Por haberme hecho sentir especial durante toda la vida. Por creer tanto en mí, a veces incluso más que yo mismo... Gracias por vuestro apoyo y cariño.

Especial agradecimiento a mis directores de Tesis, *José Antonio*, *Luis* y *Juan*. Por haberme ayudado a iniciarme en el mundo de la investigación en el deporte. Por vuestros consejos y colaboración en las publicaciones. Por las horas de skipe y teléfono. Sin vosotros no hubiera sido posible.

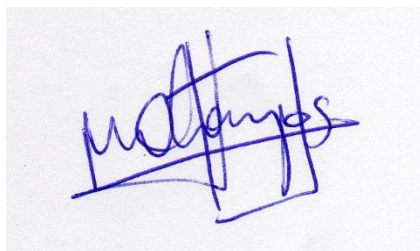
A cada uno de los entrenadores que me permitieron trabajar a su lado: *Jose Ángel*, *Lalo*, *Lucas*, *Manolo*, *Javi*, *Carlos*, *Álvaro*, *Juanma* y *Sergi*. De ellos aprendí a respetar y admirar la profesión de entrenador.

A todos los clubes que me dieron la oportunidad de trabajar en el fútbol profesional, en especial al *Real Club Recreativo de Huelva*. Por haberme permitido compaginar la realización de los Máster con mi trabajo como Preparador Físico.

A todos los jugadores con los que tuve el privilegio de trabajar. En especial a aquellos que participaron en los diferentes estudios que componen esta Tesis. Especial agradecimiento en este sentido también a *Pavón* y *David*, Entrenador y Preparador

Físico del equipo División de Honor del Recreativo de Huelva. ¡Sin vuestra ayuda, no hubiera sido posible realizar aquel estudio!

Y por último, a todos los profesores y compañeros que me crearon y me siguen creando inquietudes hacia el conocimiento y la investigación. Espero y deseo conservar ese valor durante toda mi carrera profesional

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Miguel Campos', with a stylized, overlapping flourish that extends to the right.

Miguel Ángel Campos Vázquez

# ***Monitorización de respuestas físicas y fisiológicas al entrenamiento y la competición en fútbol.***

El doctorando Miguel Ángel Campos Vázquez y los directores de la tesis Dr. José Antonio González Jurado, Dr. Luis Jesús Suárez Moreno-Arrones y Dr. Juan Antonio León Prados, garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

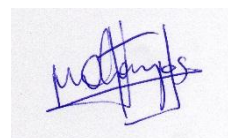
En Sevilla a 27 de Marzo de 2015

Director/es de la Tesis

Doctorando

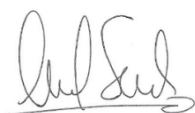
Fdo.:

Fdo.:



Dr. José Antonio González Jurado

Miguel Ángel Campos Vázquez



Dr. Luis Jesús Suárez Moreno-Arrones



Dr. Juan Antonio León Prados





# MONITORIZACIÓN DE RESPUESTAS FÍSICAS Y FISIOLÓGICAS AL ENTRENAMIENTO Y LA COMPETICIÓN EN FÚTBOL

## ÍNDICE

<b>Anexos.....</b>	<b>3</b>
<b>Tablas y figuras.....</b>	<b>4</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>7</b>
1.1. Control de la carga de entrenamiento .....	7
1.2. Monitorización de la carga de entrenamiento.....	9
1.3. Referencias.....	10
1.4. Estructura de la Tesis .....	14
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>15</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>3. Demandas de la competición.....</b>	<b>19</b>
3.1. Demandas físicas. ....	19
3.2. Demandas fisiológicas .....	22
3.3. Referencias.....	24
<b>4. Entrenamiento para la mejora de la condición física en el fútbol .....</b>	<b>27</b>
4.1. Introducción .....	27
4.2. Determinantes de condición física en el fútbol.....	28
4.2.1. Resistencia aeróbica .....	28
4.2.2. Fuerza y Potencia muscular.....	30
4.2.3. Velocidad y aceleración.....	31
4.2.4. Agilidad .....	32
4.2.5. <i>Repeated Sprint Ability</i> (RSA).....	32
Relación RSA-Rendimiento en fútbol.....	33
Factores limitantes en actividades RSA.....	34

Recomendaciones para la mejora de la RSA .....	38
4.3. Referencias.....	39
<b>5. Monitorización de las respuestas físicas y fisiológicas en el fútbol .....</b>	<b>47</b>
5.1. Monitorización de las respuestas fisiológicas .....	47
Frecuencia cardíaca.....	47
Percepción subjetiva del esfuerzo.....	51
5.2. Monitorización de las respuestas físicas. La tecnología GPS.....	52
Dispositivos GPS y deportes colectivos.....	52
Fiabilidad y validez.....	54
Definición de variables a analizar y de umbrales o zonas de velocidad.....	54
5.3. Monitorización de la velocidad de desplazamiento en el entrenamiento de fuerza .....	56
5.4. Referencias.....	58
<b>PARTE EMPÍRICA.....</b>	<b>63</b>
<b>6. Comparación del efecto de combinar entrenamiento de sprints repetidos con dos métodos diferentes de fuerza sobre el rendimiento físico en futbolistas juveniles.....</b>	<b>65</b>
<b>7. Relaciones entre indicadores de carga interna en futbolistas profesionales: comparación entre diferentes tipos de sesiones integradas.....</b>	<b>85</b>
<b>8. Conclusiones generales y aplicaciones prácticas.....</b>	<b>101</b>
<b>9. Otras aportaciones científicas derivadas directamente de la tesis.....</b>	<b>107</b>
9.1. Comparación de la respuesta de la frecuencia cardíaca entre partidos amistosos y un juego de posición en jugadores profesionales de fútbol .....	107
9.2. Situaciones medianas de juego en fútbol. Respuestas físicas y fisiológicas a lo largo de sucesivos períodos de trabajo.....	121
<b>PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS.....</b>	<b>141</b>

## **Anexos**

**Anexo 1** Control del entrenamiento en fútbol: posibilidades de actuación.

**Anexo 2** Comparison of the effect of repeated-sprint training combined with two different methods of strength training on young soccer players. (Comparación del efecto de combinar entrenamiento de sprints repetidos con dos métodos diferentes de fuerza sobre el rendimiento físico en futbolistas juveniles).

**Anexo 3** Relationships between RPE- and HR-derived measures of internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions. (Relaciones entre indicadores de carga interna en futbolistas profesionales: comparación entre diferentes tipos de sesiones integradas).

## **Tablas y figuras**

### **Tablas**

**Tabla 3.1.** Técnicas de registro empleadas en la investigación de las demandas físicas en fútbol.

**Tabla 3.2.** Umbrales y valores de alta intensidad y sprint en competición.

**Tabla 3.3.** Variables relacionadas con el sprint. Puestos específicos (Suarez-Arrones et al., 2014).

**Tabla 4.1.** Variables condicionales determinantes y formas de entrenamiento.

**Tabla 5.1.** Métodos de control de la carga interna basados en el análisis de la frecuencia cardíaca.

**Tabla 5.2.** Umbrales basados en valores absolutos en estudios con GPS.

**Tabla 6.1.** Características antropométricas de los participantes.

**Tabla 6.2.** Programa de entrenamiento.

**Tabla 6.3.** Comparaciones Intra-Grupo. GS.

**Tabla 6.4.** Comparaciones Intra-Grupo. GA.

**Tabla 6.5.** Comparaciones Inter-Grupo.

**Tabla 7.1.** Estructura de trabajo semanal en temporada competitiva.

**Tabla 7.2.** Comparación entre duración, FC registrada e indicadores de CIE durante diferentes tipos de sesión (media  $\pm$  SD).

**Tabla 7.3.** Media (Intervalos de Confianza 90%) de correlaciones individuales entre medidas de intensidad de de sRPE-TL y frecuencia cardíaca registrada durante diferentes tipos de sesiones de entrenamiento en futbolistas profesionales.

**Tabla 7.4.** Media (Intervalos de Confianza 90%) de correlaciones individuales entre medidas derivadas de FC y RPE de carga interna de entrenamiento.

**Tabla 9.2.1.** Características de los sujetos participantes (media  $\pm$  SD).

**Tabla 9.2.2.** Características de las Situaciones Medianas de Juego.

**Tabla 9.2.3.** Protocolo seguido para el estudio de las diferentes SMJ propuestas, en un período de seis semanas.

**Tabla 9.2.4.** Comparaciones Inter-SMJ. Media  $\pm$  SD (CV).

**Tabla 9.2.5.** Comparaciones Intra-SMJ. Media  $\pm$  SD (CV).

## **Figuras**

**Figura 1.1.** Training process (Impellizzeri et al., 2005).

**Figura 4.1.** Factores Limitantes del rendimiento en RSA. (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011).

**Figura 4.2.** Orientación del entrenamiento para la mejora de la RSA. (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011).

**Figura 9.1.1.** Juego de posición 6 vs 6 + 2 neutrales.

**Figura 9.1.2.**  $CI_R$  ( $TRIMP_{MOD}/min$ ) durante las 3 series del juego de posición.

**Figura 9.1.3.**  $CI_R$  ( $TRIMP_{MOD}/min$ ) durante los 5 partidos amistosos.

**Figura 9.1.4.** Coeficiente de variación de las 3 series del juego de posición, cuantificadas a lo largo de 3 entrenamientos.

**Figura 9.2.1.** Esquema de las distintas SMJ.

**Figura 9.2.2.** Distancia cubierta por hora en diferentes zonas de velocidad en 3 SMJ diferentes. Comparaciones Inter-SMJ.

**Figura 9.2.3.** Distancia cubierta por hora en diferentes zonas de velocidad en 3 SMJ diferentes. Comparaciones Intra-SMJ.



## **1. Introducción**

El fútbol es un deporte colectivo de naturaleza intermitente intermitente (Di Salvo et al., 2007; Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust, 2009; Ziogas, Patras, Stergiou, & Georgoulis, 2011). La competición en este deporte demanda períodos de actividad que varían en intensidad y duración, que son interrumpidos por períodos de recuperación en los que la actividad es ligera o el jugador está parado (Drust, Atkinson, & Reilly, 2007). Por ello, los futbolistas necesitan de un adecuado soporte condicional (Brink, Nederhof, Visscher, Schmikli, & Lemmink, 2010) que les permita realizar todas las acciones requeridas por el juego con la máxima eficacia posible (Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009).

Debido a las demandas intermitentes de la competición (Di Salvo et al., 2007), y a la importancia tanto del metabolismo aeróbico (Hoff & Helgerud, 2004; Ziogas et al., 2011) como anaeróbico (Hoff & Helgerud, 2004; Iaia et al., 2009; Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005) en el rendimiento de los jugadores, éste deporte requiere de un óptimo desarrollo de las cualidades de fuerza y resistencia (Hoff & Helgerud, 2004). Además, el período competitivo en este deporte es muy largo, pudiendo extenderse hasta los 10-11 meses (Silva et al., 2011), en los que los futbolistas pueden jugar hasta 2 partidos por semana (Dupont et al., 2010). De esta forma, algunos jugadores internacionales de primer nivel pueden llegar a jugar más de 60 partidos por temporada (Dellal, Chamari, & Owen, 2013).

Estas elevadas exigencias competitivas hacen necesario que profesionales especializados como los preparadores físicos o los científicos del deporte, deban incorporar a sus competencias profesionales tareas relacionadas con el control de la carga de entrenamiento.

### **1.1. Control de la carga de entrenamiento**

Según Gonzalez-Badillo & Ribas (2002), el control tiene como objetivo proporcionar constante información acerca del sistema que se controla. Una evaluación precisa de la carga de entrenamiento es un parámetro importante para la planificación y periodización del entrenamiento. En los deportes colectivos como el fútbol, la carga

de entrenamiento prescrita por el entrenador es a menudo denominada carga externa (CE), mientras que se denomina carga interna (CI) al estrés fisiológico soportado por el jugador (Brink et al., 2010).

Sin embargo, en este tipo de deportes, nos encontramos con una dificultad añadida para valorar la carga de entrenamiento. Dado el escaso tiempo que los entrenadores disponen para preparar los partidos de competición, cada vez es más habitual la utilización de tareas de entrenamiento que integran contenidos físicos, técnicos y tácticos. Este tipo de contenidos, habitualmente dan lugar respuestas físico-fisiológicas muy variables, debido a las diferentes funciones (roles tácticos) desempeñadas por los jugadores. Esta elevada variabilidad podría reducir la probabilidad de que los jugadores reciban entrenamientos basados en sus características individuales (Alexiou & Coutts, 2008), pudiendo dar lugar a respuestas o efectos de entrenamiento no deseados.

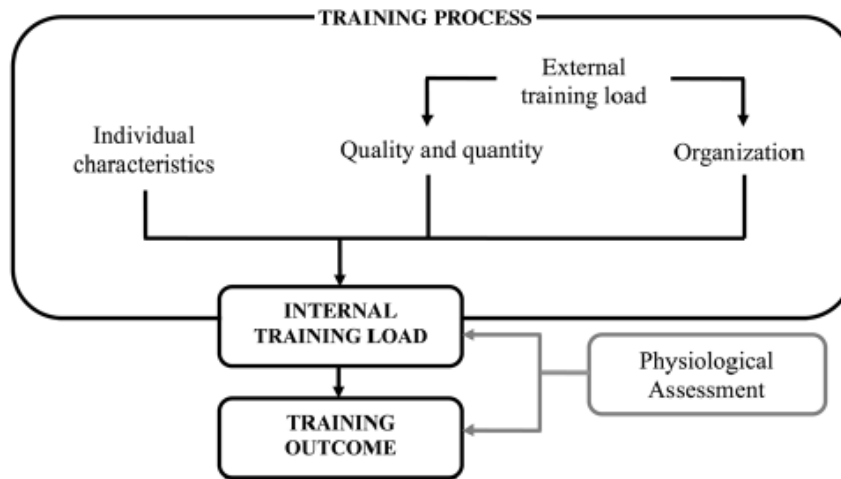
Para intentar evitar esos efectos de entrenamiento no deseados (que pueden ser diferentes para cada sujeto), se necesita de un adecuado control de la carga de entrenamiento, mediante la monitorización de las respuestas físicas y fisiológicas individuales. La capacidad de medir y monitorizar las cargas de entrenamiento debe proporcionar información valiosa para la prescripción de programas de entrenamiento individualizados (Borresen & Lambert, 2008), y para prevenir procesos de sobreentrenamiento (Meeusen et al., 2013).

Concretamente, el estudio de las relaciones individuales entre diferentes variables relacionadas con la carga de entrenamiento (CI, CE, fatiga, etc...), podría ayudar a establecer la dosis de entrenamiento adecuada para cada jugador, con el objetivo de optimizar el rendimiento (Manzi, Bovenzi, Impellizzeri, Carminati, & Castagna, 2013) y reducir la incidencia lesional (Gabbett, 2010).

Impellizzeri, Rampinini, & Marcora (2005) nos dan unas interesantes orientaciones sobre las relaciones entre las variables mencionadas. Según los autores, el resultado del entrenamiento depende de la CI soportada por el deportista (estrés fisiológico). Esta CI está determinada por la CE (estímulos físicos que realiza el deportista) y por las características individuales del jugador (edad, condición física, composición corporal...). Sin embargo, la dosis de CI no será la única variable determinante del



resultado de entrenamiento. Los procesos de recuperación deberían facilitar la eliminación de la fatiga, permitiendo la adaptación al entrenamiento, y por tanto una mejora del rendimiento (Figura 1.1)



**Figura 1.1** Training Process (Impellizzeri et al., 2005).

Este modelo nos orienta sobre la necesidad de controlar la carga de entrenamiento. El objetivo final sería conocer la dosis de carga de entrenamiento que determina mejoras tanto en la condición física (Castagna, Impellizzeri, Chaouachi, & Manzi, 2013; Manzi et al., 2013) como en rendimiento (*Dose-Response*) (Castagna et al., 2013). El control de la recuperación para la eliminación de la fatiga tendrá una elevada importancia para alcanzar las mejoras deseadas en el rendimiento.

## 1.2. Monitorización de la carga de entrenamiento

En la actualidad existen multitud de posibilidades para controlar la carga soportada durante las sesiones de entrenamiento en los deportes de equipo. Diversos métodos basados en el análisis de la frecuencia cardíaca como TRIMP de Banister (Banister & Calvert, 1980), el método de Edwards (Edwards, 1993), TRIMP de Stagno (Stagno, Thatcher, & van Someren, 2007) o TRIMP individualizados (Manzi, Iellamo,

Impellizzeri, D'Ottavio, & Castagna, 2009) se utilizan de forma habitual como forma de control de la CI en estudios realizados con futbolistas (Akubat, Patel, Barrett, & Abt, 2012; Alexiou & Coutts, 2008; Scott, Lockie, Knight, Clark, & Janse de Jonge, 2013). Además, el uso de dispositivos *Global Positioning Systems* (GPS) dan información sobre numerosas variables relacionadas con la CE, como distancia total, distancia relativa, patrones de movimiento en diferentes zonas de velocidad, aceleraciones y deceleraciones... (Cummins, Orr, O'Connor, & West, 2013). Sin embargo, todos estos dispositivos presentan importantes limitaciones como su alto coste económico o el elevado tiempo necesario para realizar los complejos análisis.

En los últimos años, se ha generalizado el uso de la percepción subjetiva del esfuerzo (*Rate of perceived exertion*, RPE) para el control de la carga de entrenamiento en los deportes de equipo (Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004; Manzi et al., 2010). Se trata de una herramienta barata, práctica y precisa para valorar las respuestas individuales a las sesiones de entrenamiento de campo (Clarke, Farthing, Norris, Arnold, & Lanovaz, 2013). El método *Session RPE* propuesto por Foster (Foster et al., 2001), se basa en el uso de una escala de *Borg-10* (Borg, Hassmen, & Lagerstrom, 1987) mediante la que los jugadores determinan la intensidad del entrenamiento 30 minutos después de finalizarlo. Nos encontramos por tanto ante un método de control que por su fácil aplicación y escaso coste puede ser utilizado con jugadores de diferentes edades o nivel deportivo.

### **1.3. Referencias**

Akubat, I., Patel, E., Barrett, S., & Abt, G. (2012). Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *J Sports Sci*, 30(14), 1473-1480.

Alexiou, H., & Coutts, A. J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(3), 320-330.

Banister, E. W., & Calvert, T. W. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. *Can J Appl Sport Sci*, 5(3), 170-176.

Borg, G., Hassmen, P., & Lagerstrom, M. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56(6), 679-685.

Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(1), 16-30.

Brink, M. S., Nederhof, E., Visscher, C., Schmikli, S. L., & Lemmink, K. A. (2010). Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(3), 597-603.

Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., & Manzi, V. (2013). Preseason variations in aerobic fitness and performance in elite-standard soccer players: a team study. *J Strength Cond Res*, 27(11), 2959-2965.

Clarke, N., Farthing, J. P., Norris, S. R., Arnold, B. E., & Lanovaz, J. L. (2013). Quantification of training load in Canadian football: application of session-RPE in collision-based team sports. *J Strength Cond Res*, 27(8), 2198-2205.

Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Med*, 43(10), 1025-1042.

Dellal, A., Chamari, K., & Owen, A. (2013). How and when to use an injury prevention intervention in soccer. En G.N. Bisciotti & E. Cristiano (Eds.), *Muscle injuries in sport medicine* (pp. 241-272): InTech.

Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227.

Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med*, 30(3), 205-212.

Drust, B., Atkinson, G., & Reilly, T. (2007). Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Med*, 37(9), 783-805.

- Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisloff, U. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med*, 38(9), 1752-1758.
- Edwards, S. (1993). High performance training and racing. En: Edwards, S. (Ed.), *The heart rate monitor book* (8th ed., pp. 113-123). Sacramento: Feet Fleet Press.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., . . . Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-115.
- Gabbett, T. J. (2010). The development and application of an injury prediction model for noncontact, soft-tissue injuries in elite collision sport athletes. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2593-2603.
- González-Badillo, J.J. & Ribas, J. (2002) *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: INDE.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*, 34(3), 165-180.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(6), 1042-1047.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci*, 23(6), 583-592.
- Manzi, V., Bovenzi, A., Franco Impellizzeri, M., Carminati, I., & Castagna, C. (2013). Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the precompetitive season. *J Strength Cond Res*, 27(3), 631-636.
- Manzi, V., D'Ottavio, S., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *J Strength Cond Res*, 24(5), 1399-1406.

Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'Ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 41(11), 2090-2096.

Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., . . . Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*, 45(1), 186-205.

Rebello, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., Drust, B., & Krstrup, P. (2012). A new tool to measure training load in soccer training and match play. *Int J Sports Med*, 33(4), 297-304.

Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C., & Janse de Jonge, X. A. (2013). A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(2), 195-202.

Silva, J. R., Magalhaes, J. F., Ascensao, A. A., Oliveira, E. M., Seabra, A. F., & Rebello, A. N. (2011). Individual match playing time during the season affects fitness-related parameters of male professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2729-2739.

Stagno, K. M., Thatcher, R., & van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci*, 25(6), 629-634.

Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.

Ziogas, G. G., Patras, K. N., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2011). Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *J Strength Cond Res*, 25(2), 414-419.

## **1.4. Estructura de la Tesis**

Esta Tesis doctoral está compuesta por un compendio de investigaciones cuyo eje temático es el control de la carga de entrenamiento. Concretamente la monitorización de respuestas físicas y/o fisiológicas ante diferentes situaciones de entrenamiento o de competición.

Tras esta introducción se describen los objetivos de la Tesis, así como la/s publicación/es en la/s que se abordan.

A continuación se desarrolla el marco teórico en el que se fundamentan las investigaciones llevadas a cabo. Este marco teórico está compuesto por tres capítulos, dedicados al análisis de las demandas de la competición, el entrenamiento para la mejora de la condición física en el fútbol y la monitorización de las respuestas físicas y fisiológicas en este deporte, respectivamente.

Posteriormente se desarrolla la parte empírica de esta Tesis Doctoral, en la que se exponen dos estudios que ya han sido publicados o aceptados para publicación. Tras ésta parte, se plantean una serie de conclusiones y aplicaciones prácticas comunes a estas investigaciones.

En el apartado “Otras aportaciones científicas derivadas directamente de la Tesis”, se exponen otros dos estudios realizados, que se encuentran en proceso de revisión en dos revistas españolas indexadas en SCOPUS.

Por último, se aportan las tres publicaciones necesarias para la defensa de esta Tesis en la modalidad de Compendio de Publicaciones.

## 2. Objetivos

- Comprobar el efecto de diferentes tipos de entrenamiento de fuerza sobre la capacidad de repetir sprints (RSA) y otras variables de rendimiento en futbolistas. En: *“Comparación del efecto de combinar entrenamiento de sprints repetidos con dos métodos diferentes de fuerza sobre el rendimiento físico en futbolistas juveniles”*.
- Valorar la carga interna de entrenamiento en diferentes tipos de sesiones, realizadas durante un típico microciclo competitivo (un partido por semana) en futbolistas profesionales. En: *“Relaciones entre indicadores de carga interna en futbolistas profesionales: comparación entre diferentes tipos de sesiones integradas”*.
- Determinar las relaciones entre diferentes indicadores de carga interna, habitualmente empleados con futbolistas, en diferentes tipos de sesión. En: *“Relaciones entre indicadores de carga interna en futbolistas profesionales: comparación entre diferentes tipos de sesiones integradas”*.





# MARCO TEÓRICO



### **3. Demandas de la competición**

#### **3.1. Demandas físicas.**

El análisis de las demandas de la competición puede ser un buen punto de partida para determinar qué cualidades físicas deben ser determinantes, para alcanzar un alto grado de rendimiento en cualquier actividad deportiva. Es por ello, que numerosas investigaciones en las últimas décadas han analizado los patrones de movimiento que se suceden durante un partido de fútbol llegando incluso a establecerse valores de referencia para las diferentes variables analizadas. Para ello, se han utilizado diferentes técnicas de registro como sistemas computerizados multi-cámara (AMISCO Pro® o Pro-zone®) o tecnología GSP (Tabla 3.1). En general, los estudios realizados con futbolistas profesionales de primer nivel en partidos de competición oficial, han utilizado el sistema computerizado multi-cámara AMISCO Pro® (Di Salvo et al., 2007) o Pro-zone® (Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust, 2009; Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007) como método de registro. Mientras que debido a que su uso está prohibido en partidos oficiales, la tecnología GPS ha sido utilizada en estudios que analizan los patrones de movimiento en partidos amistosos con jugadores semi-profesionales de diversas categorías (Buchheit, Mendez-Villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010a; Casamichana, Castellano, & Castagna, 2012), a excepción de una reciente publicación realizada con futbolistas profesionales que sí ha podido utilizar esta tecnología en competición oficial (Suarez-Arrones et al., 2014).

Estas diferentes técnicas utilizadas, dificultan en muchos casos la comparación de los datos obtenidos en los diferentes estudios. No obstante en los últimos años existe cierto consenso, de que la distancia total recorrida por los jugadores de campo en un partido de fútbol, oscila entre los 10 y 12 Kms (Bangsbo, Norregaard, & Thorso, 1991; Di Salvo et al., 2007; Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003), y que esa distancia es significativamente diferente en función del puesto específico ocupado por el jugador en el terreno de juego (Di Salvo et al., 2007; Suarez-Arrones et al., 2014).

**TABLA 3.1. Técnicas de registro empleadas en la investigación de las demandas físicas en fútbol.**

Estudio	Población	Competición	Técnica de registro
Mohr et al. (2003)	Profesionales (Élite y sub-élite)	Liga Italiana Liga Danesa	Video-Cámaras
Rampinini et al. (2007)	Profesionales (Élite)	Liga Nacional (Europa) UEFA, Copa Nacional	Prozone
Di Salvo et al. (2007)	Profesionales (Élite)	Liga Española Champions League	Amisco Pro
Di Salvo et al. (2009)	Profesionales (Élite)	Premier League	Prozone
Buchheit et al. (2010a)	Jóvenes jugadores (Élite) Sub-13 / Sub-18	Amistosos Internacionales	GPS (1Hz) SPI Elite GPSports
Casamichana et al. (2012)	Semi-profesionales	Amistosos	GPS (10Hz) MinimaxX
Suarez-Arrones et al. (2014)	Profesionales (Élite)	Liga Nacional (Europa), Copa Nacional y Supercopa Nacional	GPS (5Hz) SPI Pro X GPSports

Por tanto, los valores de distancia total recorrida en un partido han cambiado poco en los últimos 20-30 años. Incluso, en una competición de primer nivel como es la *Premier League* Inglesa, los valores medios de distancia total durante las últimas 7 temporadas (2006-07 hasta 2012-2013) han permanecido bastante estables (Barnes, Archer, Hogg, Bush, & Bradley, 2014).

Muchas de estas investigaciones han analizado también la distancia recorrida en los partidos, en diferentes zonas de intensidad. A pesar de que los umbrales de velocidad establecidos para estas zonas pueden ser diferentes (Tabla 3.2), las variables que más se han analizado han sido la distancia a alta intensidad (AI, > 14-19 Km·h<sup>-1</sup>) y la distancia en sprint (SP, > 21-25 Km·h<sup>-1</sup>).

**TABLA 3.2. Umbrales y valores de alta intensidad y sprint en competición**

Estudio	Umbral de AI (Km·h <sup>-1</sup> )	Media de AI (m)	Umbral de SP (Km·h <sup>-1</sup> )	Media de SP (m)
Mohr et al. (2003)	18.0	2430 ± 140	30.0	650 ± 60
Rampinini et al. (2007)	14.4	2738 ± 220	19.8	903 ± 115
Di Salvo et al. (2009)	19.8	908 ± 189	25.2	229 ± 71

AI: Alta Intensidad; SP: Sprint

La distancia AI recorrida durante un partido, parece ser una variable capaz de diferenciar el nivel deportivo de los jugadores (Mohr et al., 2003). Sin embargo existe cierta controversia al respecto. Di Salvo et al. (2009), concluyeron que los equipos peor clasificados en la *Premier League* Inglesa, recorren más metros a alta intensidad ( $>19.8 \text{ Km}\cdot\text{h}^{-1}$ ,  $919 \pm 128 \text{ m}$ ) que los equipos mejor clasificados ( $885 \pm 113 \text{ m}$ ), mostrando que el nivel técnico-táctico de los equipos podría ser más importante para determinar el éxito deportivo que los elevados niveles rendimiento físico por sí mismos (Di Salvo et al., 2009). En esta línea, Di Salvo, Pigozzi, Gonzalez-Haro, Laughlin, & De Witt (2013) compararon los patrones de movimiento de equipos de primera división respecto a los de segunda división durante 4 temporadas (Liga Inglesa), encontrando valores superiores en distancia AI para los equipos de segunda división ( $750 \pm 222$  vs.  $693 \pm 214$ ) (Di Salvo et al., 2013).

No obstante, la importancia de estas variables (Distancia AI y SP) en el rendimiento de los jugadores es más que evidente. Durante los últimos años, se ha producido un incremento de los valores en estas variables, en partidos de competición oficial (Barnes et al., 2014), mostrando claramente un aumento de la intensidad del juego.

Como consecuencia de la importancia de la distancia recorrida AI en el rendimiento de los jugadores, se han comenzado a estudiar otras variables relacionadas con ella, como por ejemplo las secuencias de alta intensidad repetidas (SAIR). Un jugador realiza una SAIR cuando se suceden al menos 3 esfuerzos a una velocidad superior a  $13 \text{ Km}\cdot\text{h}^{-1}$ , con una recuperación inferior a 21 segundos entre ellos (Casamichana et al., 2012). Por otro lado la variable secuencia de sprint repetido (SSR), definida como la realización de un mínimo de 2 sprints consecutivos de una duración  $\geq 1\text{s}$ , intercalados con una recuperación máxima de 60 segundos (Buchheit, Mendez-villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010b; Suarez-Arrones et al., 2014).

Suarez-Arrones et al. (2014) en un reciente estudio publicado con futbolistas profesionales de primer nivel, muestran como las secuencias de sprint repetidas son dependientes del puesto ocupado por el jugador en el terreno de juego (Tabla 3.3). El análisis de estas variables en competición oficial, aporta una interesante información que puede ser utilizada para intentar replicar dichos valores en los entrenamientos.

**TABLA 3.3. Variables relacionadas con el sprint. Puestos específicos (Suarez-Arrones et al., 2014)**

	Centrales	Laterales	Medios Centro	Medios Banda	Segundo Delantero	Delantero
<b>Número de sprint</b>	7.9 ± 3.9	11.3 ± 4.8	8.9 ± 4.4	18.7 ± 5.2	13.2 ± 4.5	16.6 ± 4.7
<b>Distancia Media de sprint (m)</b>	18.4 ± 4.3	18.7 ± 3.8	17.6 ± 3.4	18.6 ± 2.7	17.6 ± 3.4	18.2 ± 2.7
<b>Distancia Máxima de sprint (m)</b>	31.8 ± 12.7	34.6 ± 10.2	31.1 ± 10.6	41.0 ± 10.0	34.0 ± 10.2	38.8 ± 10.8
<b>Velocidad Máxima (Km·h<sup>-1</sup>)</b>	27.9 ± 2.7	29.3 ± 1.8	27.7 ± 2.4	31.0 ± 2.8	28.5 ± 2.1	30.1 ± 2.3
<b>Secuencia Sprint Repetido</b>	1.0 ± 1.7	2.5 ± 2.2	1.7 ± 1.7	5.8 ± 3.2	3.2 ± 2.5	4.8 ± 2.8

### 3.2. Demandas fisiológicas

El análisis de los patrones de movimiento en fútbol nos ha permitido conocer que en un partido se suceden entre 1000-1400 cambios de actividad (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005). De esta forma, parece bastante claro que las demandas fisiológicas de este deporte son de naturaleza intermitente (Di Salvo et al., 2007; Ziogas, Patras, Stergiou, & Georgoulis, 2011). Debido a la duración de un partido de competición oficial, el fútbol es un deporte dependiente principalmente del metabolismo aeróbico (Bangsbo, Mohr, & Krstrup, 2006). La intensidad de trabajo media, medida como el porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima (FCM), está cerca del umbral anaeróbico: normalmente entre el 80-90 % FCM (Hoff, 2005), aunque con picos de frecuencia cardíaca que llegan al 98 % (Bangsbo et al., 2006).

Sin embargo, las acciones más decisivas son cubiertas por medio del metabolismo anaeróbico: sprints cortos, saltos, tackles, duelos individuales (Stolen et al., 2005). De esta forma, las fases intensas de ejercicio durante el juego provocan un descenso de las reservas de fosfocreatina (PC) que posteriormente es resintetizada en períodos de baja intensidad, pudiendo llegar a descender los niveles hasta el 30% de los valores de reposo, durante períodos del juego con un número elevado de acciones intensas con breves períodos de recuperación (Bangsbo et al., 2006).

En esta dinámica de esfuerzo, es fisiológicamente imposible mantener una alta intensidad media largos períodos de tiempo, debido a la acumulación de lactato sanguíneo resultante. Por eso los partidos de fútbol muestran períodos y situaciones de actividad de alta intensidad (con picos en la acumulación de lactato), a los que suceden períodos de actividad de baja intensidad para eliminar el lactato de los músculos activos (Stolen et al., 2005).

En este entramado de diferentes intensidades y tipo de acciones, el Consumo Máximo de Oxígeno ( $VO_{2max}$ ) es considerado como el componente más importante del rendimiento en resistencia aeróbica (Hoff & Helgerud, 2004; Ziogas et al., 2011). Está principalmente afectado por factores centrales en deportistas de alto nivel, es decir, por la capacidad del sistema cardiovascular de transportar oxígeno a los músculos activos (Impellizzeri, Rampinini, & Marcora, 2005). En jugadores masculinos de campo oscila entre los 50-75 ml/kg/min, existiendo una correlación significativa entre  $VO_{2max}$  y la distancia cubierta durante un partido (Hoff, 2005).

Por otro lado el máximo estado estable de lactato, utilizado para valorar el Umbral Anaeróbico, que representa la intensidad máxima de ejercicio que puede ser mantenida durante el tiempo y sin acumulación continua de lactato (Dittrich, da Silva, Castagna, de Lucas, & Guglielmo, 2011). El Umbral Anaeróbico está afectado tanto por factores centrales como periféricos (capacidad de la periferia de utilizar el oxígeno: mitocondrias, actividad enzimática...) (Ziogas et al., 2011) y en futbolistas se sitúa entre el 76,6 y el 90,3 de la FCM (Stolen et al., 2005).

### 3.3. Referencias

Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, 24(7), 665-674.

Bangsbo, J., Norregaard, L., & Thorso, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci*, 16(2), 110-116.

Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the english premier league. *Int J Sports Med*, 35(13), 1095-1100.

Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010a). Match running performance and fitness in youth soccer. *Int J Sports Med*, 31(11), 818-825.

Buchheit, M., Mendez-villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010b). Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med*, 31(10), 709-716.

Casamichana, D., Castellano, J., & Castagna, C. (2012). Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *J Strength Cond Res*, 26(3), 837-843.

Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227.

Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med*, 30(3), 205-212.

Di Salvo, V., Pigozzi, F., Gonzalez-Haro, C., Laughlin, M. S., & De Witt, J. K. (2013). Match performance comparison in top English soccer leagues. *Int J Sports Med*, 34(6), 526-532.

Dittrich, N., da Silva, J. F., Castagna, C., de Lucas, R. D., & Guglielmo, L. G. (2011). Validity of Carminatti's test to determine physiological indices of aerobic power and capacity in soccer and futsal players. *J Strength Cond Res*, 25(11), 3099-3106.



Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *J Sports Sci*, 23(6), 573-582.

Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*, 34(3), 165-180.

Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., & Marcora, S. M. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci*, 23(6), 583-592.

Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci*, 21(7), 519-528.

Rampinini, E., Coutts, A. J., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med*, 28(12), 1018-1024.

Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.

Suarez-Arrones, L., Torreno, N., Requena, B., Saez de Villarreal, E., Casamichana, D., Barbero-Alvarez, J. C., & Munguia-Izquierdo, D. (2014). Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *J Sports Med Phys Fitness*.

Ziogas, G. G., Patras, K. N., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2011). Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *J Strength Cond Res*, 25(2), 414-419.



## **4. Entrenamiento para la mejora de la condición física en el fútbol**

### **4.1. Introducción.**

En los últimos años ha habido una expansión de las ciencias del deporte debido a la investigación realizada en distintas poblaciones de deportistas, y sobre diferentes áreas de rendimiento. Gracias a las investigaciones realizadas, los especialistas en fuerza y acondicionamiento físico que trabajan en equipos de fútbol se están convirtiendo en figuras necesarias en los grupos de trabajo multidisciplinar (Turner & Stewart, 2014).

Uno de los objetivos prioritarios para estos especialistas, debe ser conseguir alcanzar y mantener un nivel óptimo de condición física con el equipo, durante todo el período de competiciones. Se ha intentado justificar en el apartado anterior, que el paso previo a la elección y periodización de los contenidos de trabajo debe ser el análisis de las demandas físico-fisiológicas de la competición. Solo después de este análisis se harán más evidentes los determinantes de la condición física en este deporte.

Para la mejora de la condición física en el fútbol, se requiere del desarrollo de una combinación específica de fuerza, velocidad y resistencia (Desgorces, Senegas, Garcia, Decker, & Noirez, 2007). Concretamente para conseguir un buen nivel de rendimiento en el fútbol, las capacidades de resistencia aeróbica ( $VO_{2max}$  y umbral anaeróbico); fuerza y potencia muscular; agilidad; aceleración-velocidad y RSA (*Repeated Sprint Ability*) deben alcanzar un óptimo nivel de desarrollo (Owen, Wong del, Paul, & Dellal, 2012; Turner & Stewart, 2014) (Tabla 4.1).

Nos encontramos ante un número bastante elevado de variables condicionales determinantes de rendimiento. Para desarrollar cada una de ellas de forma óptima, se hace necesario una adecuada elección de los contenidos de trabajo. Esta tarea, se ve dificultada por el escaso tiempo de entrenamiento del que disponen los equipos entre los partidos de competición oficial. No obstante, la siguiente labor para los preparadores físicos será la selección de los métodos y medios de entrenamiento que aseguren mejoras en estas variables condicionales (Tabla 4.1).

**TABLA 4.1. Variables condicionales determinantes y formas de entrenamiento**

<b>Variables condicionales Primarias</b>	<b>Variables condicionales secundarias</b>	<b>Formas de entrenamiento</b>
Resistencia aeróbica	VO <sub>2max</sub> Umbral anaeróbico	Interval training alta intensidad Situaciones Reducidas de Juego Carrera a intensidad umbral
RSA	Musculares Neurales	Interval training alta intensidad Potencia tren inferior / velocidad
Fuerza-Potencia	Fuerza Máxima Fuerza Explosiva Potencia	Cargas Pesadas Cargas ligeras-medias movilizadas a máxima velocidad Ejercicios olímpicos
Velocidad-aceleración	Velocidad 10-30 metros Aceleración	Entrenamiento potencia Pliometría
Agilidad	Cambios de dirección Toma de decisiones	Entrenamiento fuerza excéntrico Circuitos habilidades

## **4.2. Determinantes de condición física en el fútbol**

### **4.2.1. Resistencia aeróbica.**

Una de las manifestaciones de la resistencia es la potencia aeróbica (VO<sub>2max</sub>), que en futbolistas está relacionada de forma positiva con diferentes parámetros de rendimiento tales como la distancia total recorrida en el partido o el número de sprints realizados (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001). El interval training realizado a una intensidad de ejercicio correspondiente al 90-95 % de la FCM durante 3-8 minutos, con una recuperación activa de 2-3 minutos al 70 % de la FCM es tremendamente efectivo para mejorar el volumen sistólico y por tanto el VO<sub>2max</sub> (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005).

Por otro lado, para mejorar la velocidad umbral anaeróbico puede ser interesante la realización de carrera continua con volúmenes cercanos a los 30 minutos y con intensidades correspondientes al 85-90 % de la FCM, aunque no es menos cierto que un buen entrenamiento para mejorar la velocidad umbral anaeróbico en términos absolutos puede ser el que mejore el VO<sub>2max</sub> (Stolen et al., 2005).

Sin embargo, estos métodos de entrenamiento de la resistencia basados única y exclusivamente en la realización de series de carrera, están bastante alejados de las demandas físicas y mecánicas de la competición. Por ello en los últimos años se ha avanzado en el estudio de las situaciones reducidas de juego (SRJ). Se trata de juegos

realizados en áreas reducidas, que a menudo usan reglas adaptadas y en los que participan un menor número de jugadores que en el juego reglamentario de fútbol (Hill-Haas, Dawson, Impellizzeri, & Coutts, 2011). Las SRJ, parecen replicar la demanda de movimientos, intensidad fisiológica y requerimientos técnicos de un partido de competición (Hill-Haas et al., 2011).

Este tipo de tareas, permiten trabajar de forma simultánea tanto la condición física de los jugadores como las habilidades técnico-tácticas (Fradua et al., 2013) y han mostrado similar efectividad que la propuesta tradicional de interval training para la mejora de la resistencia de los jugadores (Impellizzeri et al., 2006). Por todo ello, las SRJ están siendo frecuentemente utilizadas por los entrenadores de fútbol. Sin embargo, también presentan algunos inconvenientes, como la dificultad para controlar su intensidad (Hill-Haas et al., 2011), o la elevada variabilidad inter-sujeto en la respuesta fisiológica (Dellal et al., 2008).

Estamos por tanto ante un tipo de tareas que intentan simular las demandas físico-técnico-fisiológicas de la competición, lo que las convierte en tareas altamente específicas. Sin embargo, para definir el grado de especificidad de las SRJ con rigurosidad, es necesario analizarlas desde una triple perspectiva:

- Especificidad fisiológica.
- Especificidad mecánica.
- Especificidad táctico-estratégico-decisional.

Cualquier tipo de análisis relacionado con estos tres grados de especificidad, debería nacer de un exhaustivo conocimiento de las demandas de la competición (Casamichana, Castellano, & Castagna, 2012). Sólo de esta forma, se podrán establecer comparaciones entre las demandas físico-técnico-fisiológicas de las diferentes propuestas de SRJ y la competición (Dellal et al., 2012; Owen, Wong, Paul, & Dellal, 2014), con el objetivo de acercar (o incluso elevar) las demandas de las SRJ a las de la propia competición.

El diseño de las SRJ puede dar lugar a diferentes respuestas físico-técnico-fisiológicas. La manipulación de ciertas variables como el número de jugadores participantes (Hill-Haas, Dawson, Coutts, & Rowsell, 2009a; Rampinini et al., 2007a), el tamaño del terreno de juego (Casamichana & Castellano, 2010; Kelly & Drust,

2009), la presencia o ausencia de porterías y porteros (Mallo & Navarro, 2008), modificaciones en las reglas del juego (Dellal, Lago-Penas, Wong del, & Chamari, 2011; Hill-Haas, Coutts, Dawson, & Rowsell, 2010) o el régimen de entrenamiento (Hill-Haas, Rowsell, Dawson, & Coutts, 2009b), pueden alterar tanto la carga fisiológica como los patrones de movimiento de las tareas realizadas, lo que podría dar lugar a diferentes efectos de entrenamiento.

En definitiva, las ventajas y beneficios de las SRJ tanto a nivel técnico-táctico como a nivel condicional son más que evidentes, aunque parece necesario controlar diferentes variables que podrían alterar las respuestas demandadas. La monitorización de las respuestas tanto físicas como fisiológicas ayudará a entrenadores y preparadores físicos en el diseño y planificación de este tipo de tareas.

#### 4.2.2. Fuerza y Potencia muscular.

En la competición se suceden multitud de esfuerzos explosivos tales como golpes, sprints, tackles o saltos. Algunas medidas de valoración de potencia tales como la capacidad de esprintar (Jullien et al., 2008; Kotzamanidis, Chatzopoulos, Michailidis, Papaiakevou, & Patikas, 2005) o de saltar (Chamari et al., 2008) de los jugadores, han mostrado correlaciones positivas con el rendimiento en fútbol. En un deporte como el fútbol son preferibles las adaptaciones neurales a las estructurales, para evitar incrementos del peso corporal (Hoff & Helgerud, 2004). Este tipo de adaptaciones requieren de la movilización de altas cargas (85-100% 1 RM), con un número bajo de repeticiones por serie (3-6) (Hoff & Helgerud, 2004). En general, los estudios para la mejora de la fuerza y la capacidad de salto llevados a cabo con futbolistas, han utilizado ejercicios como la media sentadilla (Rønnestad, Nymark, & Raastad, 2011), la combinación de sentadilla completa y diferentes tipos de saltos (Gorostiaga et al., 2004) o ejercicios explosivos realizados en el terreno de juego (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brugherelli, & Ahmaidi, 2010a).

A pesar de que algunas investigaciones con futbolistas, proponen entrenamientos de fuerza con cargas pesadas (Helgerud, Rodas, Kemi, & Hoff, 2011; Rønnestad, Kvamme, Sunde, & Raastad, 2008; Rønnestad et al., 2011), la selección de las cargas

y estrategias para la mejora de la fuerza de los jugadores debería tener en cuenta importantes factores como la edad o la experiencia previa en este tipo de entrenamiento. Así por ejemplo, con jugadores poco experimentados podría ser interesante utilizar cargas bajas-medias movilizadas a la máxima velocidad de ejecución (Gonzalez-Badillo & Ribas, 2002), mientras que jugadores más experimentados podrían incluir en sus rutinas de entrenamiento cargas altas o ejercicios de potencia (movimientos olímpicos) (Tabla 4.1).

#### 4.2.3. Velocidad y aceleración.

Las acciones a velocidad elevada se suceden con frecuencia a lo largo de un partido de fútbol (Stolen et al., 2005). Estas acciones son consideradas como determinantes en el juego, como muestra el hecho de que esprintar en línea recta sea la acción previa más frecuente a la consecución de un gol, tanto por parte del jugador goleador como del jugador asistente (Faude, Koch, & Meyer, 2012). Las distancias en sprint ( $>25.2\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) que demanda la competición con más frecuencia, oscilan entre los 0-10 metros (Di Salvo et al., 2010), realizando un jugador por partido entre 17 y 35 sprints en función del puesto específico en el que participe en el juego (Di Salvo et al., 2010).

La fuerza máxima presenta una correlación elevada con el rendimiento en sprint de 10 ( $r=0,94$ ;  $p<0,001$ ) y 30 metros ( $r=0,71$ ;  $p<0,01$ ) en futbolistas de élite (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004). Por tanto, la mejora de la fuerza, la velocidad y la potencia en futbolistas están estrechamente relacionadas. Para la mejora del rendimiento en este tipo de acciones ha mostrado ser más eficaz un programa de entrenamiento de potencia muscular (contrastes entre cargas pesadas y ligeras) que una propuesta de sprints en línea recta (Mujika, Santisteban, & Castagna, 2009). El entrenamiento pliométrico podría ser otra propuesta alternativa (Meylan & Malatesta, 2009).

#### 4.2.4. Agilidad

Esta cualidad ha generado históricamente bastante confusión a nivel conceptual. Podríamos definir la agilidad como “un rápido movimiento que involucra a todo el cuerpo con cambios de velocidad o dirección, como respuesta a un estímulo” (Sheppard & Young, 2006). De esta definición se deducen dos componentes fundamentales: i) Los factores perceptivos y de toma de decisiones y ii) Los cambios de dirección en velocidad (CDD). La habilidad de esprintar repetidamente y cambiar de dirección mientras se esprinta es un factor de rendimiento determinante en los deportes colectivos (Sheppard & Young, 2006). En fútbol, los jugadores realizan movimientos a alta velocidad en diferentes trayectorias (adelante, atrás o desplazamientos laterales) (Bloomfield, Polman, & O'Donoghue, 2007). Estos CDD se producen generalmente como respuesta a estímulos (movimiento de otro jugador, movimiento del balón, etc.) (Sheppard & Young, 2006). Para mejorar la habilidad de esprintar con CDD es necesario conocer sus factores determinantes entrenables, entre los que tradicionalmente se han incluido la técnica de ejecución, la velocidad de sprint en línea recta y la fuerza y potencia de las piernas (Young, James, & Montgomery, 2002). No obstante, parece ser que el entrenamiento mediante sprints en línea recta no consigue mejorar la habilidad de CDD (Young, McDowell, & Scarlett, 2001), mientras que el entrenamiento para la mejora de la fuerza (intensidad entre 4-10 RM), sí que consigue mejorarla (Keiner, Sander, Wirth, & Schmidtbleicher, 2013). Una investigación reciente, concluye que la fuerza excéntrica de las extremidades inferiores podría ser un nuevo factor determinante para la mejora de este tipo de habilidades (Chaouachi et al., 2012).

#### 4.2.5. *Repeated Sprint Ability* (RSA)

El método RSA, es un método relativamente novedoso. La argumentación científica del método parte del siguiente análisis: en fútbol, se realiza un sprint de 2-4 segundos cada 90 segundos de juego (Stolen et al., 2005). Esta densidad de sprints es insuficiente para que el rendimiento se vea comprometido, ya que el tiempo de recuperación es bastante amplio. Sin embargo, los jugadores realizan otro tipo de esfuerzos en estas “recuperaciones” que pueden llevar a la fatiga, tales como contracciones excéntricas, cambios de dirección, carrera a diferentes



intensidades.... Además, debido a la naturaleza impredecible del fútbol, períodos cortos donde se sucedan varios sprints pueden ocurrir a lo largo del partido, con una posible incidencia en el resultado del partido, si el organismo no está preparado para ello (Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005).

Por ello, el método RSA está basado en la realización de varios sprints de corta duración (< 6 segundos) con períodos de recuperación muy breves (< de 30 segundos) (Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009). El término RSA, difiere de otra propuesta denominada ISE (*Intermittent sprint exercise*) (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011), que se caracteriza por la realización de sprints de corta duración (<10 segundos) con amplios períodos de recuperación (60-300 segundos). La principal diferencia del RSA respecto a ISE, radica en que en éste último hay pequeños o nulos descensos del rendimiento, mientras que en las actividades RSA existe un marcado descenso del rendimiento.

#### Relación RSA-Rendimiento en fútbol

Existen diferentes protocolos de valoración de RSA en futbolistas que han mostrado un buen nivel de fiabilidad tanto con pruebas de campo (Aziz, Mukherjee, Chia, & Teh, 2008; Impellizzeri et al., 2008; Mendez-Villanueva et al., 2011; Wragg, Maxwell, & Doust, 2000) como en laboratorio mediante protocolos RSA de larga duración (Oliver, Armstrong, & Williams, 2007). Este tipo de pruebas intentan simular los patrones de actividad durante un partido para obtener una alta correlación con el rendimiento en resistencia durante el mismo (Hoff, 2005), e incluso presentan una relación significativa con determinados valores de rendimiento en competición de los jugadores que los ejecutan (Rampinini et al., 2007b).

Uno de los protocolos de valoración más citados en la literatura científica es el propuesto por Impellizzeri et al. (2008). El test consiste en recorrer 6 veces una distancia de 40 metros (20+20 ida y vuelta), con 20 segundos de recuperación pasiva entre ellas. Con esta propuesta, se pretende acercar las exigencias del test a las características de la competición. Los autores evalúan las siguientes variables en el test: la repetición con mejor tiempo ( $RSA_{best}$ ), el tiempo medio entre repeticiones ( $RSA_{mean}$ ) y el coeficiente de decremento ( $RSA_{decrement}$ ), calculado como el cociente

$RSA_{mean}/RSA_{best}$  y expresado en porcentaje. De todas las variables mencionadas, parece ser que  $RSA_{mean}$  es la que muestra una mayor fiabilidad, tanto por sus valores de CV (coeficiente de variación) y CCI (coeficiente de correlación intraclase) (Impellizzeri et al., 2008), como por haberse encontrado correlaciones entre esta variable y diferentes valores de rendimiento durante los partidos de competición. De esta forma, se ha encontrado una correlación significativa entre  $RSA_{mean}$  y tanto distancia a muy alta intensidad,  $R^2=0,36$ ;  $p<0.01$  (distancia a velocidad mayor de 19.8 Km/h), como distancia recorrida en sprint,  $R^2=0,42$ ;  $p<0.01$  (velocidad mayor de 25.2 km/h) (Rampinini et al., 2007b). En el citado estudio, el grupo de jugadores con mejores valores de  $RSA_{mean}$  cubrían en el partido más distancia a muy alta intensidad y en sprint que los jugadores con valores medios. Diferentes estudios de valoración de condición física de futbolistas, utilizan esta variable en sus protocolos de evaluación (Buchheit et al., 2010a; Buchheit, Mendez-Villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010b).

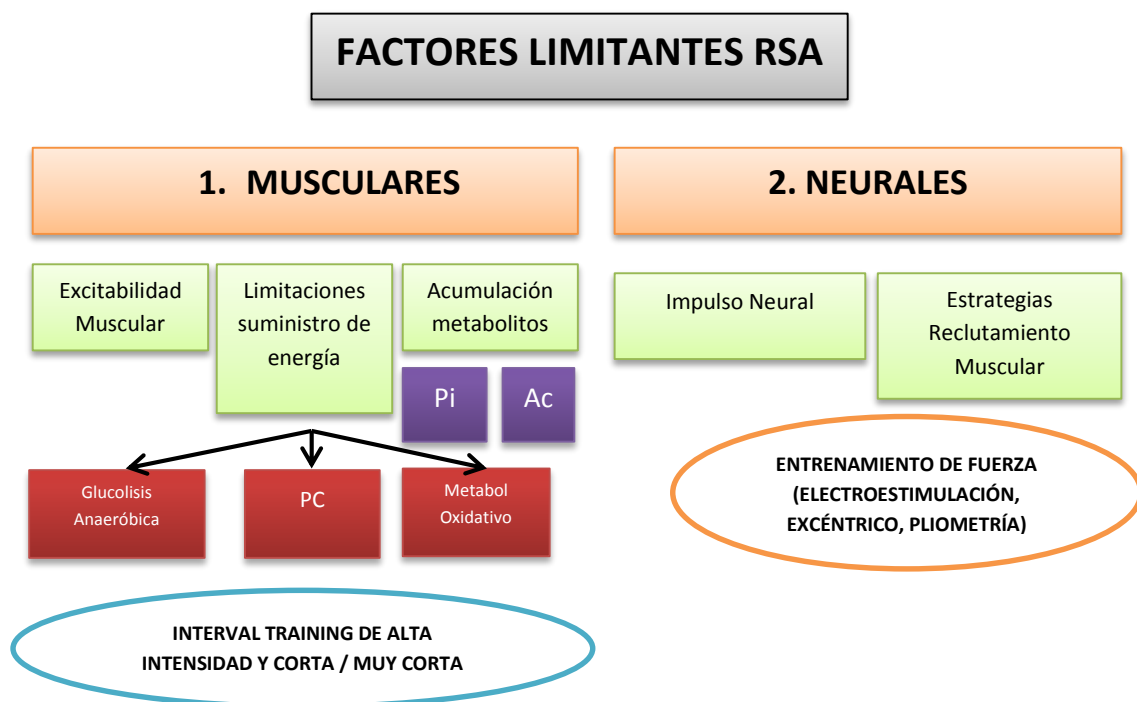
Estas correlaciones podrían estar mediadas por las características metabólicas de los test RSA (reducción del ph, PC, ATP y nucleótidos de purina; y activación de la glucólisis anaeróbica (Spencer et al., 2005), que es similar a lo que ocurre durante las fases más intensas de los partidos de fútbol (Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2005). Los atributos fisiológicos requeridos para realizar los test RSA, podrían ser similares a los requeridos para mantener el rendimiento a alta intensidad y en sprint a lo largo de un partido de fútbol. Las correlaciones son solo moderadas (Rampinini et al., 2007b), debido posiblemente a que durante el partido la distancia en sprint ocurre durante un largo período (90 minutos), en los que se suceden diferentes estados (andando, corriendo....); y esta distancia, presenta una gran variabilidad intra-partido cuando se compara con el test RSA (Rampinini et al., 2007b).

#### Factores limitantes en actividades RSA

La fatiga durante la RSA aparece rápidamente después del primer sprint, y puede ser causada por una variedad de factores que pueden ir desde la generación de una orden motora inadecuada en el córtex motor (factores neurales) hasta la acumulación de metabolitos dentro de las fibras musculares (factores musculares); parece claro que no existe un único mecanismo responsable de todas las manifestaciones de fatiga (Girard et al., 2011).

Para poder desarrollar estrategias de entrenamiento adecuadas para evitar la fatiga, se necesita una mejor comprensión de los factores que contribuyen a la misma en este tipo de actividades. Éstos factores, han sido analizados en una revisión sistemática publicada recientemente (Girard et al., 2011). A continuación, se detallan las principales aportaciones de esta revisión.

En la Figura 4.1, se pueden ver de forma esquemática los **Factores Limitantes** que afectan al rendimiento en actividades RSA.



**Figura 4.1.** Factores Limitantes del rendimiento en RSA. (Girard et al., 2011)

Inicialmente se podrían clasificar en Musculares y Neurales. Dentro de los primeros, se podrían enumerar los siguientes:

- **Excitabilidad Muscular.** En el músculo esquelético, tras intensas contracciones se suceden importantes trastornos iónicos derivados del descenso de la relación Sodio ( $\text{Na}^+$ )/ Potasio ( $\text{K}^+$ ) y de la actividad ATPasa. Estas modificaciones podrían deteriorar la excitabilidad de la membrana

muscular y reducir el desarrollo de fuerza probablemente por la lenta inactivación de los canales de  $\text{Na}^+$ .

- **Limitaciones en el suministro de Energía.** Puede afectar al rendimiento en RSA las limitaciones en las siguientes tres vías energéticas:
  - ***Disponibilidad de PC.*** La PC es particularmente importante en las actividades RSA, ya que los depósitos tras un sprint máximo de 6 segundos se podrían reducir hasta en un 55% de los niveles de reposo, y para alcanzar una recuperación completa de los mismos se necesitarían hasta 5 minutos, tiempo que evidentemente no se dispone en las actividades de RSA. Además, la reducción de la PC en las fibras rápidas es superior a la que se sucede en las lentas, y por tanto el rendimiento en la capacidad de repetir sprints se puede ver afectado por esta disminución de PC. Los individuos con un elevado potencial aeróbico ( $\text{VO}_{2\text{MAX}}$  o umbral aeróbico) tienen una mayor capacidad para resintetizar rápidamente la PC. Por ello, los métodos interválicos de alta intensidad (6-12 x 2' al 100%  $\text{VO}_{2\text{MAX}}$  con 1' de recuperación), podrían mejorar significativamente la resíntesis de PC durante los primeros 60 segundos.
  - ***Glucólisis anaeróbica.*** Esta vía aporta el 40% aproximadamente del total de la energía durante un sprint de 6 segundos. Si los sprints se repiten, hay una inhibición progresiva de la glucólisis. No existe consenso en la literatura respecto a si el incremento de la contribución anaeróbica podría incrementar la capacidad de repetir sprints. No obstante, para mejorar el rendimiento anaeróbico en los deportes de equipo, se aconseja utilizar períodos de trabajo cortos de muy alta intensidad (20-30 segundos), con amplios períodos de recuperación (10 minutos).
  - ***Metabolismo oxidativo.*** Cuando los sprints son repetidos, el nivel de provisión aeróbica de ATP se incrementa progresivamente, hasta el punto de que el metabolismo aeróbico podría contribuir hasta en un 40% del total del abastecimiento energético. Incluso los sujetos podrían alcanzar su  $\text{VO}_{2\text{MAX}}$  durante los últimos sprints. Esto sugiere que la mejora del  $\text{VO}_{2\text{MAX}}$  mediante el entrenamiento apropiado, podría permitir (por una gran mejora de la contribución aeróbica durante los últimos sprints)

potencialmente minimizar la fatiga. Este entrenamiento podría ser el interválico de alta intensidad (80-90%  $VO_{2MAX}$ ) con períodos de recuperación más cortos (1 minuto) que los de trabajo (2 minutos).

- **Acumulación de Metabolitos.** De los cuales podemos destacar los siguientes:
  - ***Fosfatos Inorgánicos (Pi).*** Tan solo estudios in vitro muestran evidencia de que el aumento de los niveles de Pi afectan a la liberación del calcio desde el retículo sarcoplasmático y/o a la sensibilidad miofibrilar del calcio, que a su vez puede reducir el número de puentes cruzados. Si esta situación se produce durante RSE, es aún desconocida y requiere de más investigación.
  - ***Acidosis (Ac).*** El aumento considerable de hidrogeniones ( $H^+$ ) en la sangre y en el músculo que se produce durante la RSA puede afectar negativamente el rendimiento en el sprint. Sin embargo, la acidificación como causa directa de la fatiga es muy cuestionable, de forma que se necesitan investigaciones para aclarar los efectos de la acumulación de  $H^+$  como causas de la fatiga durante RSE. No obstante, para incrementar la capacidad tamponadora de la musculatura, rutinas de entrenamiento similares a las descritas para la mejora del metabolismo oxidativo pueden ser empleadas.

Una vez analizados los Factores Musculares, se detallan a continuación los Factores Limitantes Neurales:

- **Impulso Neural.** Como el ejercicio de sprint máximo exige altos niveles de impulso neural, el fracaso para activar completamente la musculatura contráctil en teoría descendería la producción de fuerza, y por tanto podría reducir la RSA. Bajo condiciones de fatiga considerable, un fallo en la activación completa de la musculatura contráctil puede llegar a ser un importante factor que contribuya a la fatiga. Para la mejora del grado de activación muscular, una variedad de métodos de trabajo han sido

empleados habitualmente: electroestimulación, entrenamiento excéntrico de la fuerza o entrenamiento pliométrico. Como en apartados anteriores, la investigación se hace necesaria para demostrar el entrenamiento para la mejora de la activación muscular que resulte en un aumento de la capacidad de repetir sprints (sin mejoras concurrentes en factores metabólicos).

- **Estrategias de Reclutamiento Muscular.** La modificación de las estrategias de reclutamiento muscular durante la RSA, puede contribuir a la fatiga. De esta forma cambios en la coordinación intermuscular podrían contribuir a reducir la potencia en las actividades RSA.

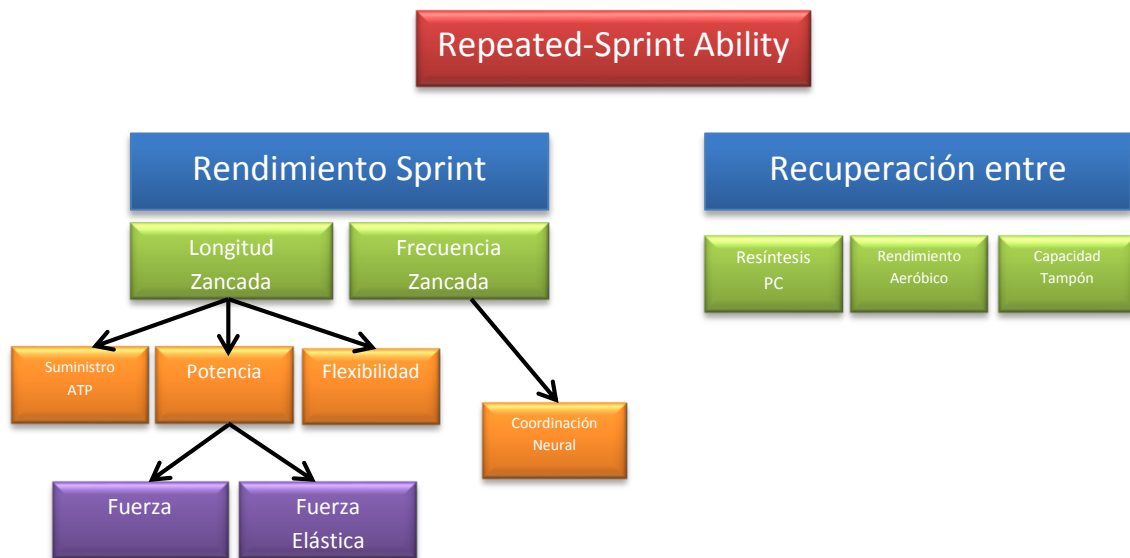
#### Recomendaciones para la mejora de la RSA

Una vez analizados los factores limitantes, es interesante conocer las **Recomendaciones para el Entrenamiento y Mejora** de la RSA. Los autores de una segunda revisión sistemática (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011), destacan las siguientes conclusiones:

- No hay un tipo de entrenamiento que pueda ser recomendado como el mejor para poder incrementar la RSA, debido a los múltiples factores limitantes que anteriormente se han detallado y cuyas posibilidades de mejora pueden verse en la Figura 4.2.
- Existe cierta controversia respecto a si propuestas de entrenamiento de sprints repetidos consiguen o no mejorar la RSA.
- La implementación concurrente de diferentes formas de entrenamiento puede ser la mejor estrategia para mejorar la RSA. En este sentido los autores destacan dos recomendaciones claves:
  - Incluir tareas de entrenamiento para mejorar el rendimiento en sprint (entrenamiento específico de sprint; entrenamiento de fuerza/potencia;

entrenamiento de alta intensidad ( $<VO_{2MAX}$ ) para incrementar la capacidad anaeróbica.

- Incluir programas de entrenamiento interválico de alta intensidad para mejorar la capacidad de recuperar entre sprints.



**Figura 4.2.** Orientación del entrenamiento para la mejora de la RSA. (Bishop et al., 2011)

### 4.3. Referencias

Aziz, A. R., Mukherjee, S., Chia, M. Y., & Teh, K. C. (2008). Validity of the running repeated sprint ability test among playing positions and level of competitiveness in trained soccer players. *Int J Sports Med*, 29(10), 833-838.

Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.

Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. *J Sports Sci Med*, 6(1), 63-70.

- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010a). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2715-2722.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010b). Match running performance and fitness in youth soccer. *Int J Sports Med*, 31(11), 818-825.
- Casamichana, D., & Castellano, J. (2010). Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: effects of pitch size. *J Sports Sci*, 28(14), 1615-1623.
- Casamichana, D., Castellano, J., & Castagna, C. (2012). Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *J Strength Cond Res*, 26(3), 837-843.
- Chamari, K., Chaouachi, A., Hambli, M., Kaouech, F., Wisloff, U., & Castagna, C. (2008). The five-jump test for distance as a field test to assess lower limb explosive power in soccer players. *J Strength Cond Res*, 22(3), 944-950.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong del, P., Chamari, K., & Castagna, C. (2012). Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2667-2676.
- Dellal, A., Chamari, K., Pintus, A., Girard, O., Cotte, T., & Keller, D. (2008). Heart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: a comparative study. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1449-1457.
- Dellal, A., Lago-Penas, C., Wong del, P., & Chamari, K. (2011). Effect of the number of ball contacts within bouts of 4 vs. 4 small-sided soccer games. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3), 322-333.
- Dellal, A., Owen, A., Wong, D. P., Krustup, P., van Exsel, M., & Mallo, J. (2012). Technical and physical demands of small vs. large sided games in relation to playing position in elite soccer. *Hum Mov Sci*, 31(4), 957-969.
- Desgorces, F. D., Senegas, X., Garcia, J., Decker, L., & Noirez, P. (2007). Methods to quantify intermittent exercises. *Appl Physiol Nutr Metab*, 32(4), 762-769.



Di Salvo, V., Baron, R., Gonzalez-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *J Sports Sci*, 28(14), 1489-1494.

Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*, 30(7), 625-631.

Fradua, L., Zubillaga, A., Caro, O., Ivan Fernandez-Garcia, A., Ruiz-Ruiz, C., & Tenga, A. (2013). Designing small-sided games for training tactical aspects in soccer: extrapolating pitch sizes from full-size professional matches. *J Sports Sci*, 31(6), 573-581.

Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.

González-Badillo, J.J. & Ribas, J. (2002) Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. Barcelona: INDE

Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., Gonzalez-Badillo, J. J., & Ibanez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *Eur J Appl Physiol*, 91(5-6), 698-707.

Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931.

Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J., & Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med*, 32(9), 677-682.

Hill-Haas, S. V., Coutts, A. J., Dawson, B. T., & Rowsell, G. J. (2010). Time-motion characteristics and physiological responses of small-sided games in elite youth players: the influence of player number and rule changes. *J Strength Cond Res*, 24(8), 2149-2156.

Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2011). Physiology of small-sided games training in football: a systematic review. *Sports Med*, 41(3), 199-220.

Hill-Haas, S. V., Dawson, B. T., Coutts, A. J., & Rowsell, G. J. (2009a). Physiological responses and time-motion characteristics of various small-sided soccer games in youth players. *J Sports Sci*, 27(1), 1-8.

Hill-Haas, S. V., Rowsell, G. J., Dawson, B. T., & Coutts, A. J. (2009b). Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(1), 111-115.

Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *J Sports Sci*, 23(6), 573-582.

Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*, 34(3), 165-180.

Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*, 27(6), 483-492.

Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905.

Jullien, H., Bisch, C., Largouet, N., Manouvrier, C., Carling, C. J., & Amiard, V. (2008). Does a short period of lower limb strength training improve performance in field-based tests of running and agility in young professional soccer players? *J Strength Cond Res*, 22(2), 404-411.

Keiner, M., Sander, A., Wirth, K., & Schmidtbleicher, D. (2014). Long-term strength training effects on change-of-direction sprint performance. *J Strength Cond Res*, 28(1), 223-231.

Kelly, D. M., & Drust, B. (2009). The effect of pitch dimensions on heart rate responses and technical demands of small-sided soccer games in elite players. *J Sci Med Sport*, 12(4), 475-479.

Kotzamanidis, C., Chatzopoulos, D., Michailidis, C., Papaiakevou, G., & Patikas, D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program

on the running and jumping ability of soccer players. *J Strength Cond Res*, 19(2), 369-375.

Mallo, J., & Navarro, E. (2008). Physical load imposed on soccer players during small-sided training games. *J Sports Med Phys Fitness*, 48(2), 166-171.

Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Douglas, A., Peltola, E., & Bourdon, P. (2011). Age-related differences in acceleration, maximum running speed, and repeated-sprint performance in young soccer players. *J Sports Sci*, 29(5), 477-484.

Meylan, C., & Malatesta, D. (2009). Effects of in-season plyometric training within soccer practice on explosive actions of young players. *J Strength Cond Res*, 23(9), 2605-2613.

Mohr, M., Krstrup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *J Sports Sci*, 23(6), 593-599.

Mujika, I., Santisteban, J., & Castagna, C. (2009). In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(9), 2581-2587.

Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27(14), 1581-1590.

Oliver, J. L., Armstrong, N., & Williams, C. A. (2007). Reliability and validity of a soccer-specific test of prolonged repeated-sprint ability. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(2), 137-149.

Owen, A. L., Wong, D. P., Paul, D., & Dellal, A. (2014). Physical and technical comparisons between various-sided games within professional soccer. *Int J Sports Med*, 35(4), 286-292.

Owen, A. L., Wong del, P., Paul, D., & Dellal, A. (2012). Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2748-2754.

Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007a). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *J Sports Sci*, 25(6), 659-666.

Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int J Sports Med*, 28(3), 228-235.

Rønnestad, B. R., Kvamme, N. H., Sunde, A., & Raastad, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 22(3), 773-780.

Rønnestad, B. R., Nymark, B. S., & Raastad, T. (2011). Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2653-2660.

Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: classifications, training and testing. *J Sports Sci*, 24(9), 919-932.

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-1044.

Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.

Turner, A.N., & Stewart, P. F. (2014). Strength and conditioning for soccer players. *Strength Cond J*, 36(4), 1-13.

Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*, 38(3), 285-288.

Wragg, C. B., Maxwell, N. S., & Doust, J. H. (2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *Eur J Appl Physiol*, 83(1), 77-83.

Young, W. B., James, R., & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness*, 42(3), 282-288.

Young, W. B., McDowell, M. H., & Scarlett, B. J. (2001). Specificity of sprint and agility training methods. *J Strength Cond Res*, 15(3), 315-319.



## **5. Monitorización de las respuestas físicas y fisiológicas en el fútbol**

Como se ha argumentado en apartados anteriores, existen dos formas de valorar la carga de entrenamiento en los deportes de equipo. Por un lado estaría la Carga Interna (CI), que valora el estrés fisiológico soportado por el deportista, y por otro lado la Carga Externa (CE), que cuantifica los estímulos físicos realizados. Por tanto, la monitorización de las respuestas fisiológicas nos ayudará a valorar la CI de entrenamiento, mientras la monitorización de las respuestas físicas dará información de la CE soportada.

A continuación se exponen diferentes posibilidades de monitorización, tanto de respuestas físicas como fisiológicas, para deportes colectivos como el fútbol.

### **5.1. Monitorización de las respuestas fisiológicas**

#### Frecuencia cardíaca

Tradicionalmente la Frecuencia Cardíaca (FC) ha sido un parámetro fundamental para cuantificar intensidad del ejercicio (Karvonen & Vuorimaa, 1988), debido fundamentalmente a la relación lineal que presenta con el Consumo de Oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) en un amplio rango de intensidades submáximas (Achten & Jeukendrup, 2003). Por ello, la FC puede ser utilizada para monitorizar la CI en futbolistas con una buena validez, (Dellal et al., 2012). Sin embargo, la FC como forma de controlar la intensidad de trabajo, presenta algunas limitaciones debido a una serie de factores que pueden influenciar su respuesta durante el ejercicio, como por ejemplo: la variabilidad diaria de la FC; factores medioambientales (temperatura, altitud) o factores fisiológicos (drift cardiovascular, grado de hidratación) (Achten & Jeukendrup, 2003). Estas limitaciones reducen la fiabilidad de la FC como forma de control de la CI. Por tanto la fiabilidad de la FC, debería mejorarse para alcanzar un nivel similar a otros métodos como la percepción subjetiva de esfuerzo (*Rate of Perceived Exertion*, RPE) (Dellal et al., 2012).

El análisis de los datos de FC, se puede realizar en relación al porcentaje de FC Máxima (FCM) de los jugadores, como así realiza el Método de Edwards (Tabla 5.1) (Edwards, 1993), utilizado en diversos estudios con futbolistas para la cuantificación de la CI de entrenamiento (Alexiou & Coutts, 2008; Desgorces, Senegas, Garcia, Decker, & Noirez, 2007; Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004). Sin embargo, debido a la existencia de una alta variabilidad de la FCM y la FC de reposo entre los jugadores (Dellal et al., 2012), la expresión de los datos de FC debería hacerse mediante el uso de la Frecuencia Cardíaca de Reserva (FCres), propuesta por Karvonen (Karvonen, Kentala, & Mustala, 1957):

$$\%FCres = [(FC \text{ media ejercicio} - FC \text{ reposo}) / (FCM - FC_{\text{reposo}})] \times 100$$

Esta ecuación considera las variaciones de los biorritmos y permite una comparación interindividual de la respuesta de FC a diferentes formas de entrenamiento.

*Medios de control de la carga interna basados en el análisis de la Frecuencia Cardíaca.*

#### TRIMP de Banister

En el proceso de control, es importante monitorizar cuidadosamente los 3 componentes de un programa de entrenamiento: la frecuencia de sesiones de entrenamiento, la duración de cada sesión, y la intensidad de los ejercicios (Achten & Jeukendrup, 2003). Como respuesta a estas necesidades nace el TRIMP (Impulso de entrenamiento), que es un parámetro utilizado para cuantificar la carga de trabajo que supone el ejercicio a través de dos variables conjuntas, la intensidad y la duración (Banister, 1991). El TRIMP utiliza la relación exponencial entre la elevación fraccional de la frecuencia cardíaca ( $\Delta FC$ ) y la concentración de lactato sanguíneo (Banister & Calvert, 1980), a la que se asocia un factor de ponderación ( $y$ ), que es diferente para hombres y mujeres. Este factor de ponderación, evita una importancia desproporcionada de la actividad de larga duración a bajos niveles de  $\Delta FC$  en comparación con actividades intensas pero de corta duración, reflejando de ésta forma la intensidad del esfuerzo (Manzi, Iellamo, Impellizzeri, D'Ottavio, & Castagna, 2009). La utilización del método TRIMP se considera como una buena manera de poder cuantificar la carga de entrenamiento o de competición (Stagno,



Thatcher, & van Someren, 2007). El cálculo tradicional propuesto por Banister (1991) (Tabla 5.1) no refleja potencialmente las demandas fisiológicas individuales de cada sesión de entrenamiento, ya que usa el mismo factor para todos los sujetos del mismo género (Manzi et al., 2009).

#### Método de Edwards

La propuesta de Edwards (1993), se basa en el establecimiento de zonas de intensidad arbitrarias para el cálculo de la CI. El tiempo que el jugador pasa en cada una de las zonas arbitrarias definidas se multiplica por coeficientes arbitrarios para obtener el valor final de carga de entrenamiento. Las zonas propuestas están definidas haciendo referencia a la FCM, como puede verse en la Tabla 5.1

Este método ha sido ampliamente utilizado en estudios investigación realizados con futbolistas (Alexiou & Coutts, 2008; Impellizzeri et al., 2004). Sin embargo, presenta como principal limitación la arbitrariedad de las zonas definidas, careciendo la definición de dichas zonas de algún criterio fisiológico o metabólico. Además, los factores de ponderación utilizados por Edwards (1993), no han sido validados a través del estudio de relaciones con una respuesta fisiológica conocida.

#### TRIMP de Stagno para deportes colectivos

Una propuesta de TRIMP modificada respecto a la original de Banister (Stagno et al., 2007), se llevó a cabo en un deporte colectivo de naturaleza intermitente, como es el Hockey. Se determinaron 5 zonas de intensidad, gracias al factor de ponderación obtenido al estudiar la relación entre la  $\Delta FC$  y la concentración de lactato. Como aspecto positivo de éste método de control, se podría destacar la facilidad para implementarlo, pues sabiendo la FCM del jugador, se pueden establecer fácilmente las zonas de intensidad, y por tanto calcular la carga del entrenamiento (Tabla 5.1). En este trabajo se registró una relación significativa ( $r = 0,8$ ) entre el porcentaje de cambio en el Consumo Máximo de Oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y la media semanal de TRIMPs modificados (Stagno et al., 2007). Sin embargo, los autores deducían la ecuación usada para calcular el tiempo en cada zona, de un test continuo incremental. Hay evidencia para sugerir que la respuesta del lactato al ejercicio intermitente (propio de los deportes de equipo como el fútbol), es diferente cuando se compara con el ejercicio continuo, particularmente a altas intensidades (Akubat & Abt, 2011). Por

tanto, la cuantificación de la carga mediante el cálculo de TRIMP propuesto por Stagno et al. (2007), podría diferir de la carga realmente soportada en el entrenamiento de fútbol, (deporte intermitente de alta intensidad), pudiendo llevar a una sobre o sub-estimación de la cantidad de entrenamiento, que puede tener consecuencias para el rendimiento de los jugadores o posibles lesiones.

**TABLA 5.1. Métodos de control de la CI basados en el análisis de la FC**

Método	Cálculo	Particularidades	Inconvenientes
Banister (1991)	$TRIMP = TD \cdot FC \cdot CORR$ TD: Duración efectiva de entrenamiento (min) $FC: (FC_{media \text{ sesión}} - FC_{reposo}) / (FC_{máxima} - FC_{reposo})$ CORR (Factor corrector): $0,64e^{1,92(FC)}$ para hombres $0,86e^{1,67(FC)}$ para mujeres	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mayor aplicación a deportes de naturaleza continua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El uso de esta ecuación requiere de mediciones de estados estables de FC.</li> <li>El factor corrector es igual para todos los sujetos (solo diferencia entre sexos), de forma que no refleja las demandas fisiológicas individuales.</li> </ul>
Edwards (1993)	$CARGA = Z1 + Z2 + Z3 + Z4 + Z5$ Z1: T' 90-100% FCM·5 Z2: T' 80-90% FCM·4 Z3: T' 70-80% FCM·3 Z4: T' 60-70% FCM·2 Z5: T' 50-60% FCM·1 T' (tiempo en cada zona de trabajo) FCM: (frecuencia cardíaca máxima)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilidad de cálculo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las zonas definidas de FC son arbitrarias. No están establecidas en función de umbral fisiológico alguno.</li> </ul>
Stagno et al. (2007)	$CARGA = Z1 + Z2 + Z3 + Z4 + Z5$ Z1: T' 93-100% FCM·5,16 (zona máxima intensidad) Z2: T' 86-92% FCM·3,61 (zona OBLA) Z3: T' 79-85% FCM·2,54 (estado estable) Z4: T' 72-78% FCM·1,71 (zona OPLA) Z5: T' 65-71% FCM·1,25 (actividad moderada)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilidad de cálculo.</li> <li>Más especificidad con deportes colectivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Factor de ponderación calculado mediante test continuo incremental (no específico respecto a la naturaleza intermitente del fútbol).</li> <li>Datos obtenidos de un grupo de 8 jugadores (no individualizado).</li> </ul>
Manzi et al. (2009)	$TRIMPi = T \cdot FC \cdot CORRi$ T: Tiempo (min) para cada valor de frecuencia cardíaca. $FC: (FC_{media \text{ sesión}} - FC_{reposo}) / (FC_{máxima} - FC_{reposo})$ CORRi (Factor corrector individualizado).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se introduce un factor corrector individual para cada sujeto, en función de la relación individual entre <math>\Delta FC</math> y el lactato sanguíneo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>El factor individual está calculado mediante test continuo incremental (no específico respecto a la naturaleza intermitente del fútbol).</li> <li>Elevado coste económico.</li> </ul>

## TRIMP individualizados (iTRIMP)

El método iTRIMP nace para paliar las limitaciones fisiológicas de todas las propuestas anteriores, fundamentalmente de la arbitrariedad de las zonas de FC. Se basa en que el factor de ponderación está calculado en función de la relación exponencial individual entre FC y lactato, en respuesta a un test continuo incremental (Manzi et al., 2009) (Tabla 5.1). Este método por tanto no usa zonas de FC o valores de FC media, sino que se calcula el valor de iTRIMP para cada lectura de FC, y finalmente obtiene un valor global de iTRIMP para la sesión de entrenamiento, sumando todos los valores parciales.

Es el primer y único método hasta la fecha de control de la CI, que ha conseguido relaciones significativas con cambios en la condición física y/o el rendimiento (relación *DOSE-RESPONSE*), tanto en corredores de nivel recreacional (Manzi et al., 2009), como en jóvenes jugadores de fútbol (Akubat, Patel, Barrett, & Abt, 2012) y futbolistas profesionales (Manzi, Bovenzi, Impellizzeri, Carminati, & Castagna, 2013).

## Percepción subjetiva del esfuerzo

Todos los métodos de control de la CI de entrenamiento en fútbol basados en el análisis de la FC, tienen una importante limitación: la falta de eficacia en la valoración del ejercicio de muy alta intensidad y/o corta duración, como pueda ser el entrenamiento de fuerza con sobrecargas o el entrenamiento pliométrico (Alexiou & Coutts, 2008; Rebelo et al., 2012). La valoración de la CI mediante el análisis de la RPE, puede ser una posible solución a éste problema. Constituye una herramienta no fisiológica, pero que proporciona información general del nivel de dificultad del ejercicio sentido por los jugadores (Dellal et al., 2012). Ésta herramienta de control, ha sido utilizada con éxito en la monitorización del entrenamiento en fútbol (Alexiou & Coutts, 2008; Impellizzeri et al., 2004). Para ello, el método *Session RPE TL* de Foster (Foster et al., 2001), propone la cuantificación de la CI del entrenamiento mediante un sencillo cálculo: multiplicar el valor de RPE proporcionado por el deportista tras el entrenamiento, usando la escala de Borg-10 (Borg, Hassmen, & Lagerstrom, 1987), por la duración total del entrenamiento (minutos). La

implementación de éste método de control ha mostrado ser tan sencilla como efectiva, pues no tiene costo económico y se puede aplicar a un grupo numeroso sin dificultad. Se han obtenido correlaciones individuales moderadas (desde  $r=0.50$  hasta  $r=0.85$ ,  $p<0.01$ ) con varios métodos de control de la carga basados en el análisis de la FC (TRIMP de Banister, TRIMP de Lucia y Método de Edwards) (Impellizzeri et al., 2004). Sin embargo, el método *Session RPE TL*, no ha sido capaz de alcanzar hasta la fecha correlaciones significativas *DOSE-RESPONSE* (Lockie, Murphy, Scott, & Janse de Jonge, 2012), siendo por tanto una herramienta ineficaz, para la predicción del rendimiento.

Puesto que la RPE, puede dar más información de la carga de entrenamiento que la estrictamente fisiológica, algunos factores como la conciencia psicológica individual, factores medioambientales, la experiencia y nivel de entrenamiento previos y la CE soportada, podrían afectar a la CI, y por tanto verse reflejados en la RPE (Lockie, et al., 2012). Incluso una reciente investigación, ha concluido que el método *Session RPE TL* (Foster et al., 2001) puede ser utilizado como un buen predictor de lesión (Rogalski, Dawson, Heasman, & Gabbett, 2013). El motivo de que el método *Session RPE TL* relacione mejor con la incidencia lesional que con el rendimiento o la condición física, podría ser debido a que uno de los principales precursores de la lesión es la fatiga, que sí es detectada por la RPE.

## **5.2. Monitorización de las respuestas físicas. La tecnología GPS**

### Dispositivos GPS y deportes colectivos

El sistema de posicionamiento global (*Global Positioning System*, GPS) es uno de los métodos utilizados en los deportes colectivos para analizar los patrones de movimiento y las cargas de trabajo. Para poder realizar dichos análisis, los deportistas han de llevar durante el entrenamiento o la competición dispositivos GPS portátiles, que se introducen en una pequeña mochila o peto situado en la espalda de los jugadores. Desde su introducción, el GPS fue utilizado para medir los componentes básicos de los patrones de movimiento de los jugadores, como son la velocidad y distancia recorridas, así como el número de aceleraciones y desaceleraciones (Cummins, Orr, O'Connor, & West, 2013). Sin embargo, dado que

su uso está prohibido en competición oficial, estos dispositivos tan solo pueden ser utilizados en entrenamientos y/o partidos amistosos.

Con el paso de los años, los dispositivos GPS se han convertido en un medio adicional para describir y comprender el contexto espacial de la actividad física (Cummins et al., 2013). Por ello, la tecnología GPS está siendo cada vez más utilizada en los deportes colectivos (Hulin, Gabbett, Kearney, & Corvo, 2014; Polley, Cormack, Gabbett, & Polglaze, 2014; Varley, Gabbett, & Aughey, 2014).

De forma más específica, el GPS puede ser utilizado para (McLellan, Lovell, & Gass, 2011):

- Cuantificar objetivamente los niveles de esfuerzo y estrés físico de cada deportista.
- Examinar el rendimiento en la competición.
- Evaluar las diferentes cargas de trabajo dependientes de la posición en el terreno de juego.
- Establecer las intensidades de entrenamiento.
- Monitorizar los cambios en las demandas fisiológicas del jugador.

Además, las prestaciones de los dispositivos GPS lo largo de los últimos años han ido mejorando. Actualmente son capaces de proporcionar un detallado análisis en tiempo real del rendimiento de los jugadores (Cummins et al., 2013).

Son numerosas las investigaciones que han utilizado el GPS en los deportes de equipo, con el objetivo de detectar la fatiga en partidos, identificar períodos de juego de elevada intensidad e identificar los diferentes perfiles de actividad para el puesto específico, nivel competitivo y deporte (Aughey, 2011).

Además, el campo de investigación se está expandiendo, de forma que esta tecnología podría ser utilizada en el futuro para individualizar las cargas de trabajo para los jugadores del mismo equipo (Helsen et al., 2014) o analizar las demandas de las tareas de entrenamiento, con el objetivo de optimizar el proceso de planificación y prevenir un posible síndrome de sobreentrenamiento o desentrenamiento (Helsen, et al., 2014).

## Fiabilidad y validez

Los primeros dispositivos utilizados en los deportes colectivos, utilizaban frecuencias de muestreo de 1Hz. Estos dispositivos han mostrado un buen nivel de fiabilidad para valorar la distancia total recorrida en las actividades características de los deportes de equipo (CV=3-7%) (Coutts & Duffield, 2010) y en las mediciones del pico de velocidad (CV=1.7%) (Barbero-Alvarez, Coutts, Granda, Barbero-Alvarez, & Castagna, 2010). También han mostrado tener una aceptable fiabilidad y precisión en la valoración de sprint cortos y sprints repetidos en comparación con un sistema de cronometraje de infrarrojos (Barbero-Alvarez et al., 2010). Sin embargo, solo han mostrado ser moderadamente fiables para valorar la carrera a alta intensidad (>14.4 Km/h)(CV=11.2-32.4%) y para la distancia en carrera a muy alta intensidad (>20 Km/h) (CV 11.5-30.4%), especialmente si las trayectorias son no lineales (Coutts & Duffield, 2010). A pesar de la baja fiabilidad en ese tipo de acciones, éstos dispositivos sí que han mostrado ser capaces de detectar descensos de rendimiento durante un partido de fútbol, pudiendo de esta forma ser usados para estudiar la fatiga inducida por el juego (Randers et al., 2010). En definitiva, se puede aceptar que estos dispositivos son capaces de medir los patrones de movimiento individuales en el fútbol (Randers et al., 2010).

Modernos dispositivos de 5 y 10 Hz, han mostrado ser más fiables que los de 1 Hz en la medición de actividades intermitentes no lineales de alta intensidad, propias del fútbol (Aughey, 2011), por lo que el uso de este tipo de dispositivos podría ser más adecuado como herramienta de control en este deporte. Además, los dispositivos con frecuencia de muestro de 10 Hz, han mostrado ser 6 veces más precisos en las mediciones de la velocidad instantánea que los dispositivos de 5 Hz (Varley, Fairweather, & Aughey, 2012).

## Definición de variables a analizar y de umbrales o zonas de velocidad

Cuando analizamos la bibliografía existente en esta área, nos encontramos con dos problemas fundamentales para poder establecer comparaciones entre estudios. Por un lado los diferentes dispositivos existentes en el mercado y utilizados en los

estudios (marca, modelo, frecuencia de muestreo...), y por otro lado las diferencias entre las variables analizadas.

Tradicionalmente, se han venido analizando las siguientes variables en los estudios que han utilizado GPS en los deportes de equipo, para la valoración de la CE tanto en partidos amistosos como en diferentes tareas de entrenamiento (Cummins et al., 2013):

- Distancia total recorrida.
- Distancia relativa (m/min).
- Patrones de movimiento en diferentes zonas de velocidad.
- Impactos, carga corporal (*Body Load*) y colisiones.
- Aceleraciones y desaceleraciones.

De forma adicional, también se han valorado otras variables como por ejemplo los picos de velocidad (Casamichana & Castellano, 2010; Owen, Wong, Paul, & Dellal, 2014), el ratio trabajo-descanso (*Work-rest ratio*) (Casamichana & Castellano, 2010; Casamichana, Castellano, & Castagna, 2012), las secuencias de sprint repetidas (Buchheit, Mendez-villanueva, Simpson, & Bourdon, 2010; Suarez-Arrones et al., 2014), las secuencias de alta intensidad repetidas (Casamichana et al., 2012) o el tiempo empleado en diferentes zonas de velocidad (Casamichana et al., 2012).

Pero sin duda, la principal discrepancia entre los autores está en el establecimiento de los umbrales de velocidad para definir las diferentes zonas de intensidad. Nos encontramos a este nivel ante dos posibilidades. Por un lado, la definición de umbrales basados en valores relativos y por otro lado umbrales basados en valores absolutos.

Puesto que cada deportista puede tener un nivel diferente de condición física, analizar las respuestas físicas en función de umbrales absolutos podría llevar a interpretaciones erróneas. La misma CE absoluta para dos sujetos con diferencias en su condición física, puede demandar una CI distinta en cada uno de ellos, y por tanto provocar efectos de entrenamiento diferentes. Por eso algunos autores proponen umbrales fisiológicos (umbrales ventilatorios) (Abt & Lovell, 2009; Lovell & Abt, 2013) o físico-fisiológicos individuales (velocidad máxima de carrera y

velocidad máxima aeróbica) (Buchheit, Simpson, & Mendez-Villanueva, 2013), para analizar los patrones de movimiento en sus estudios.

Sin embargo, la inmensa mayoría de los estudios, realizan sus análisis basados en umbrales absolutos, basándose posiblemente en que la competición demanda unas exigencias físicas, que son independientes del nivel de condición física del jugador. A pesar de este razonamiento, la delimitación de zonas basadas en umbrales absolutos es diferente según los autores de cada estudio (Tabla 5.2), y aún no existe consenso para decidir qué valores podrían ser los más apropiados.

**TABLA 5.2. Umbrales basados en valores absolutos en estudios con GPS**

<b>Autor / Población</b>	<b>Zonas de intensidad</b>
Buchheit et al. (2010)/ Jóvenes jugadores	Carrera a baja intensidad (<13 Km/h); Carrera a alta intensidad (13.1-16 Km/h); Carrera a muy alta intensidad (16.1-19 Km/h); Sprint (>19.1 Km/h)
Casamichana et al. (2012)/ Jugadores Semi-profesionales	Parado-andando (0-6.9 Km/h); Carrera Suave (7-12.9 Km/h); Carrera rápida (13-17.9 Km/h); Carrera Alta Intensidad (18-20.9 Km/h); Sprint (>21 Km/h). Acciones de Alta Intensidad Repetidas (3 acciones a velocidad superior 13 Km/h con menos de 21 s recuperación entre ellas. Ratio Trabajo – Descanso (Distancia >4Km/h / Distancia 0-3.9 Km/h)
Hill-Haas et al. (2009)/ Jóvenes jugadores	Andando-caminando (0-6.9 Km/h); Trotando (7-12,9 Km/h); Corriendo (13-17.9 Km/h); Esprintando (> 18 Km/h).
Scott et al. (2013) / Jugadores profesionales	Actividad a baja intensidad (<14,4 Km/h); Actividad a alta intensidad (>14,4 Km/h); Actividad a muy alta intensidad (> 19,8 Km/h)

### **5.3. Monitorización de la velocidad de desplazamiento en el entrenamiento de fuerza**

El fútbol también requiere de entrenamiento específico de fuerza (Owen, Wong del, Paul, & Dellal, 2012). La elevada correlación entre la fuerza máxima y el rendimiento en sprint de 10 (r=0,94; p<0,001) y 30 metros (r=0,71; p<0,01) en futbolistas de élite (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004), junto con las demandas



anaeróbicas de la competición (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005) justificarían el entrenamiento de ésta cualidad física. Tradicionalmente se han utilizado determinadas variables en la prescripción y diseño de programas de entrenamiento de fuerza, como el tipo de ejercicio y el orden de los ejercicios, la intensidad o la carga, el número de repeticiones y series, y la recuperación entre series (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010; Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011). De ellas, la intensidad de entrenamiento o carga, es generalmente reconocida como el estímulo más importante relacionado con los cambios en los niveles de fuerza, y se ha identificado habitualmente con la carga relativa (porcentaje de una repetición máxima, % 1 RM) (Crewther, Keogh, Cronin, & Cook, 2006; Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010). Sin embargo esta propuesta tradicional de control de la carga basada en el cálculo de 1 RM, presenta algunos inconvenientes. Así por ejemplo, la evaluación directa de 1 RM podría estar asociada con riesgo de lesión cuando la ejecución técnica es deficiente o en atletas poco experimentados (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010). Además, la carga actual correspondiente a 1 RM puede variar rápidamente tras pocas sesiones de entrenamiento, sobre todo en atletas principiantes y a menudo, en atletas experimentados los valores obtenidos no corresponden realmente con el máximo (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010).

Por ello, en los últimos años se ha trabajado en encontrar una mejor forma de monitorizar objetivamente la carga en el entrenamiento de fuerza.

La velocidad de desplazamiento, ha mostrado ser una variable válida y fiable (Cormie, McBride, & McCaulley, 2007) para evaluar la intensidad de la carga en el entrenamiento de fuerza (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010).

Esta forma de control, permite ajustar de forma óptima las cargas a las necesidades de cada deportista, consiguiendo de esta manera una mayor individualización del proceso. La velocidad alcanzada en cada repetición es la mejor referencia del esfuerzo real realizado por el deportista en el entrenamiento de fuerza (Gonzalez-Badillo & Ribas, 2002). Con el paso del tiempo, la evaluación mediante el control de la velocidad reflejará si el deportista desplaza las cargas pre-establecidas a mayor o menor velocidad, mostrando clara y objetivamente el efecto del entrenamiento. El uso de la velocidad de desplazamiento (como consecuencia de la aplicación de

fuerza en el ejercicio de sentadilla) puede ser utilizado como una variable para monitorizar e individualizar la carga de entrenamiento de fuerza en futbolistas (Lopez-Segovia, Palao Andres, & Gonzalez-Badillo, 2010). Además, la pérdida de velocidad en el entrenamiento de fuerza en el ejercicio de sentadilla completa ha mostrado ser un buen indicador de fatiga neuromuscular (Sanchez-Medina & Gonzalez-Badillo, 2011).

#### **5.4. Referencias**

Abt, G., & Lovell, R. (2009). The use of individualized speed and intensity thresholds for determining the distance run at high-intensity in professional soccer. *J Sports Sci*, 27(9), 893-898.

Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med*, 33(7), 517-538.

Akubat, I., & Abt, G. (2011). Intermittent exercise alters the heart rate-blood lactate relationship used for calculating the training impulse (TRIMP) in team sport players. *J Sci Med Sport*, 14(3), 249-253.

Akubat, I., Patel, E., Barrett, S., & Abt, G. (2012). Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *J Sports Sci*, 30(14), 1473-1480.

Alexiou, H., & Coutts, A. J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(3), 320-330.

Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3), 295-310.

Banister, E. W., & Calvert, T. W. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. *Can J Appl Sport Sci*, 5(3), 170-176.

Banister E.W. (1991). Modeling elite athletic performance. En: Green H.J., McDougal J.D., Wenger H.A., (Eds.), *Physiological Testing of Elite Athletes* (pp. 403– 424). Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Barbero-Alvarez, J. C., Coutts, A., Granda, J., Barbero-Alvarez, V., & Castagna, C. (2010). The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *J Sci Med Sport*, 13(2), 232-235.

Borg, G., Hassmen, P., & Lagerstrom, M. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56(6), 679-685.

Buchheit, M., Mendez-villanueva, A., Simpson, B. M., & Bourdon, P. C. (2010). Repeated-sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med*, 31(10), 709-716.

Buchheit, M., Simpson, B. M., & Mendez-Villanueva, A. (2013). Repeated high-speed activities during youth soccer games in relation to changes in maximal sprinting and aerobic speeds. *Int J Sports Med*, 34(1), 40-48.

Casamichana, D., & Castellano, J. (2010). Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: effects of pitch size. *J Sports Sci*, 28(14), 1615-1623.

Casamichana, D., Castellano, J., & Castagna, C. (2012). Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *J Strength Cond Res*, 26(3), 837-843.

Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2007). Validation of power measurement techniques in dynamic lower body resistance exercises. *J Appl Biomech*, 23(2), 103-118.

Coutts, A. J., & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport*, 13(1), 133-135.

Crewther, B., Keogh, J., Cronin, J., & Cook, C. (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation: acute hormonal responses. *Sports Med*, 36(3), 215-238.

- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Med*, 43(10), 1025-1042.
- Dellal, A., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong del, P., Natali, A. J., De Lima, J. R., . . . Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2890-2906.
- Desgorces, F. D., Senegas, X., Garcia, J., Decker, L., & Noirez, P. (2007). Methods to quantify intermittent exercises. *Appl Physiol Nutr Metab*, 32(4), 762-769.
- Edwards, S. (1993). High performance training and racing. En: Edwards, S. (Ed.), *The heart rate monitor book* (8th ed., pp. 113-123). Sacramento: Feet Fleet Press.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., . . . Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-115.
- González-Badillo, J.J. & Ribas, J. (2002) *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: INDE
- Gonzalez-Badillo, J. J., & Sanchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med*, 31(5), 347-352.
- Helsen, W., Winckel, J.V., McMillan, K., Meert, J-P., Aubert, A., Koolwijk, P., . . . Tenney, D. (2014). Heart rate and GPS monitoring in soccer. In J.V. Winckel (Ed.), *Fitness in soccer. The science and practical application* (pp. 123-148): Moveo Ergo Sum.
- Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Kearney, S., & Corvo, A. (2014). Physical Demands of Match-Play in Successful and Less-Successful Elite Rugby League Teams. *Int J Sports Physiol Perform*.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(6), 1042-1047.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports Med*, 5(5), 303-311.

- Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*, 35(3), 307-315.
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Scott, B. R., & Janse de Jonge, X. A. (2012). Quantifying session ratings of perceived exertion for field-based speed training methods in team sport athletes. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2721-2728.
- Lopez-Segovia, M., Palao Andres, J. M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Effect of 4 months of training on aerobic power, strength, and acceleration in two under-19 soccer teams. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2705-2714.
- Lovell, R., & Abt, G. (2013). Individualization of time-motion analysis: a case-cohort example. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(4), 456-458.
- Manzi, V., Bovenzi, A., Franco Impellizzeri, M., Carminati, I., & Castagna, C. (2013). Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the precompetitive season. *J Strength Cond Res*, 27(3), 631-636.
- Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'Ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 41(11), 2090-2096.
- McLellan, C. P., Lovell, D. I., & Gass, G. C. (2011). Performance analysis of elite Rugby League match play using global positioning systems. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1703-1710.
- Owen, A. L., Wong, D. P., Paul, D., & Dellal, A. (2014). Physical and technical comparisons between various-sided games within professional soccer. *Int J Sports Med*, 35(4), 286-292.
- Owen, A. L., Wong del, P., Paul, D., & Dellal, A. (2012). Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2748-2754.
- Polley, C. S., Cormack, S. J., Gabbett, T. J., & Polglaze, T. (2014). Activity Profile of High Level Australian Lacrosse Players. *J Strength Cond Res*.

Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., . . . Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: a comparative study. *J Sports Sci*, 28(2), 171-182.

Rebello, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., Drust, B., & Krstrup, P. (2012). A new tool to measure training load in soccer training and match play. *Int J Sports Med*, 33(4), 297-304.

Rogalski, B., Dawson, B., Heasman, J., & Gabbett, T. J. (2013). Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers. *J Sci Med Sport*, 16(6), 499-503.

Sanchez-Medina, L., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 43(9), 1725-1734.

Stagno, K. M., Thatcher, R., & van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci*, 25(6), 629-634.

Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.

Suarez-Arrones, L., Torreno, N., Requena, B., Saez de Villarreal, E., Casamichana, D., Barbero-Alvarez, J. C., & Munguia-Izquierdo, D. (2014). Match-play activity profile in professional soccer players during official games and the relationship between external and internal load. *J Sports Med Phys Fitness*.

Varley, M. C., Fairweather, I. H., & Aughey, R. J. (2012). Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *J Sports Sci*, 30(2), 121-127.

Varley, M. C., Gabbett, T., & Aughey, R. J. (2014). Activity profiles of professional soccer, rugby league and Australian football match play. *J Sports Sci*, 32(20), 1858-1866.

Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*, 38(3), 285-288.

# **PARTE EMPÍRICA**





## **6. Comparación del efecto de combinar entrenamiento de sprints repetidos con dos métodos diferentes de fuerza sobre el rendimiento físico en futbolistas juveniles**

### **INTRODUCCIÓN**

El fútbol es un deporte de equipo, cuyo rendimiento depende de varias capacidades físicas, así como de otras habilidades técnicas y tácticas (Tonnessen, Shalfawi, Haugen, & Enoksen, 2011). Las demandas fisiológicas de la competición son de naturaleza intermitente (Di Salvo et al., 2007; Ziogas, Patras, Stergiou, & Georgoulis, 2011) y de elevada intensidad (Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002). Además, debido a la duración de un partido, el fútbol es un deporte dependiente del metabolismo aeróbico (Bangsbo, Mohr, & Krustup, 2006). Sin embargo, a pesar de ese contexto aeróbico, las acciones más determinantes de la competición (sprints cortos, tackles, saltos, chuts o duelos individuales) son realizadas a expensas del metabolismo anaeróbico (Hoff & Helgerud, 2004; Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009; Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005). Como término medio, durante la competición, se realiza un sprint de 2-4 segundos cada 90 segundos (Stolen et al., 2005). Esta densidad de sprint sería insuficiente para comprometer el rendimiento, ya que el tiempo de recuperación es bastante amplio. Sin embargo, los jugadores realizan otro tipo de esfuerzos en estas “recuperaciones” que pueden llevar a la fatiga, tales como contracciones excéntricas, cambios de dirección o carrera a diferentes intensidades (Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005).

Además, debido a la naturaleza impredecible de la dinámica de esfuerzos en competición (Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, & Drust, 2009), estas acciones pueden no suceder de forma aislada durante un partido, de manera que períodos cortos donde se sucedan varios sprints pueden ocurrir a lo largo del mismo, con una posible incidencia en el resultado si el organismo no está preparado para ello (Spencer et al., 2005). Por ello, y surgido del análisis de las características de la competición, en los últimos años un nuevo método de entrenamiento en los deportes de equipo, ha intentado demostrar su eficacia para mejorar el rendimiento específico. Se trata del denominado RSA (*Repeated Sprint Ability*). El estudio de esta variable de rendimiento es relativamente novedoso, pues las primeras

publicaciones referentes al conocimiento científico de RSA (Aziz, Chia, & Teh, 2000; Wadley & Le Rossignol, 1998), de protocolos de evaluación (Bishop, Spencer, Duffield, & Lawrence, 2001; Wragg, Maxwell, & Doust, 2000) y entrenamiento para su mejora en poblaciones deportivas (Spencer, Bishop, & Lawrence, 2004) se remontan a los últimos 10-15 años. El método está basado en la realización de varios sprints de corta duración (< 6 segundos) con períodos de recuperación muy breves (< de 30 segundos) (Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, & Bishop, 2009), si bien algunos autores consideran sprint de hasta 10 segundos con períodos de recuperación inferiores a 60 segundos (Girard, Mendez-Villanueva, & Bishop, 2011). El método RSA busca una respuesta metabólica similar a la que ocurre durante un partido de fútbol, como descenso del pH, PC y ATP, activación de la glucólisis anaeróbica y una significativa participación del metabolismo aeróbico (Ferrari Bravo et al., 2008).

Para conseguir un buen nivel de rendimiento en el fútbol, las capacidades de fuerza y potencia muscular; resistencia aeróbica y RSA, deben alcanzar un óptimo nivel de desarrollo (Owen, Wong del, Paul, & Dellal, 2012). Hasta la fecha, no se ha encontrado un método de trabajo considerado como el mejor para incrementar el rendimiento en RSA (Bishop, Girard, & Mendez-Villanueva, 2011), debido al elevado número de factores (tanto de origen neural como muscular) que intervienen en la fatiga en éste tipo de actividades (Girard et al., 2011). Una reciente publicación (Bishop et al., 2011), recomienda implementar de forma concurrente diferentes formas de entrenamiento, entre las que se deberían incluir tareas de entrenamiento para la mejora del rendimiento en sprint (entrenamiento específico de sprint; entrenamiento de fuerza/potencia); y programas de entrenamiento interválico de alta intensidad (EIAI) para mejorar la capacidad de recuperar entre sprints. Sin embargo, existe cierta controversia respecto a si propuestas de entrenamiento de sprints repetidos (RSE) consiguen o no mejorar la RSA (Bishop et al., 2011; Buchheit, 2012). La similitud entre los protocolos de valoración y de entrenamiento podría sobrestimar las mejoras en RSA, obtenidas posiblemente por mejoras en las habilidades de cambio de dirección (CDD), incluidas en muchos protocolos de entrenamiento y valoración de la RSA (Buchheit, 2012). Por tanto, nos encontramos ante un nuevo campo de investigación en el que preparadores físicos y científicos del deporte han de trabajar para encontrar la combinación más eficaz de métodos

de entrenamiento (entrenamiento de fuerza/potencia muscular; EIAI; RSE), para mejorar la RSA y otras variables de rendimiento en fútbol.

Puesto que la fuerza máxima presenta una correlación elevada con el rendimiento en sprint de 10 ( $r=0,94$ ;  $p<0,001$ ) y 30 metros ( $r=0,71$ ;  $p<0,01$ ) en futbolistas de élite (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004), programas de entrenamiento para la mejora de la fuerza, podrían ayudar a mejorar los niveles de velocidad y posiblemente de RSA de los futbolistas.

Algunos estudios con futbolistas han utilizado diversos protocolos de entrenamiento para la mejora de la fuerza, en los que se incluían ejercicios como la media sentadilla (Bogdanis et al., 2011; Chelly et al., 2009; Ronnestad, Nymark, & Raastad, 2011); la combinación de sentadilla completa y diferentes tipos de saltos (Gorostiaga et al., 2004; Lopez-Segovia, Palao Andres, & Gonzalez-Badillo, 2010) o ejercicios explosivos realizados en el terreno de juego (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, 2010). La mayoría de estos estudios se han llevado a cabo durante la pretemporada o en la fase inicial del período de competiciones.

El objetivo de este estudio fue valorar el efecto de combinar el entrenamiento RSE, con dos métodos diferentes de entrenamiento de fuerza muscular, sobre la RSA y sobre otras variables de rendimiento físico en futbolistas de élite de categoría juvenil.

## **MÉTODO**

Se llevó a cabo un Diseño Cuasiexperimental, en el que los participantes fueron asignados a dos grupos experimentales, siguiendo un proceso de aleatorización balanceada en función del tiempo medio obtenido en el test de RSA (dada la importancia de esta variable en el estudio y a su aceptable fiabilidad tanto absoluta como relativa) (Impellizzeri et al., 2008): Grupo Sentadillas (GS,  $n=10$ ) y Grupo Arrastres-Cambios de Dirección (GA,  $n=11$ ).

La intervención en cada grupo se añadía a las rutinas habituales de entrenamiento. El equipo entrenaba 4 veces por semana (1.5–2 h). El Período de Intervención duró

8 semanas, coincidiendo las dos primeras con las dos últimas jornadas de competición oficial, mientras que las 6 restantes se realizaron en el período post-competiciones. Todas las valoraciones se realizaron antes y después del período de intervención y fueron realizadas en el gimnasio y en un campo de césped artificial (dependiendo del test). Dichas valoraciones se realizaron en 3 sesiones separadas al menos 2 días entre ellas y realizadas en 2 semanas consecutivas.

## Participantes

En el estudio participaron inicialmente 21 sujetos (media  $\pm$  SD: 18.1  $\pm$  0.8 años; peso: 69.9  $\pm$  6.5 Kg; altura: 177.1  $\pm$  5.7 cm; sumatorio 6 pliegues: 53.67  $\pm$  11.68). Los jugadores pertenecían a un equipo juvenil que competía la División de Honor Española, y tenían una experiencia mínima de 5 temporadas en competiciones oficiales. Las características antropométricas de los sujetos de cada grupo se presentan en la Tabla 6.1.

**TABLA 6.1. Características Antropométricas de los Participantes (Media  $\pm$  DS)**

Variables	GS (n=10)	GA (n=11)
Edad (años)	18.0 $\pm$ 0.9	18.2 $\pm$ 0.7
Altura (cm)	177.9 $\pm$ 4.8	176.2 $\pm$ 6.8
Masa corporal (Kg)	70.6 $\pm$ 5.0	69.4 $\pm$ 7.8
Pliegues (mm)	56.4 $\pm$ 11.1	50.9 $\pm$ 12.5
Pliegues: Sumatorio 6 pliegues: tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, cuádriceps y gemelo. GS: Grupo Sentadillas; GA: Grupo Arrastres-Cambios de Dirección.		

Todos los sujetos fueron informados previamente sobre el objetivo del estudio y tipo de pruebas a las que se sometería. Tanto los participantes como sus padres o tutores, proporcionaron su consentimiento informado firmado siguiendo las indicaciones de la Declaración de Helsinki.

Los jugadores fueron advertidos de no realizar ejercicio vigoroso de elevada intensidad, 24 horas antes de las sesiones de valoración.

## **Diseño Experimental**

### **- Intervención en entrenamiento**

Ambos grupos realizaron una sesión semanal de RSE (la misma sesión para los dos grupos), y dos sesiones semanales de fuerza muscular (diferente para cada grupo experimental), detalladas a continuación.

Las sesiones de RSE consistían en repeticiones de 30-40 m de sprint, siempre con cambio de sentido a mitad de recorrido (15+15m / 20+20m, dependiendo del momento del período de intervención), intercalados por 20s de recuperación pasiva entre repeticiones y 3 min de recuperación entre bloques de repeticiones. El volumen total por sesión progresó desde 360 hasta 720 m las últimas sesiones de entrenamiento (Tabla 4.2).

Las sesiones de fuerza para el GS se realizaban en el gimnasio y consistían en la realización de series de sentadilla completa (en Máquina Smith). Los jugadores debían ejecutar la fase concéntrica de forma explosiva, para conseguir la máxima potencia posible con cada carga (Wisloff et al., 2004). Las cargas propuestas estaban individualizadas para cada sujeto según los datos de su perfil carga-velocidad (datos obtenidos en test “Velocidad Media en Sentadilla Completa”, explicado más adelante), progresando desde cargas de  $1.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  de velocidad media, hasta cargas de  $0.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  en las últimas semanas de entrenamiento (Tabla 6.2). Tras un calentamiento específico, se realizaba el número de series y repeticiones programadas para cada semana, con 3 min de recuperación entre series.

Las sesiones de fuerza para el GA se ejecutaban en el campo de entrenamiento (césped artificial) y consistían en dos ejercicios específicos de fuerza: desplazamientos con sobrecarga con CDD y arrastres con trineo (en este orden). Los desplazamientos con CDD se realizaban en 2 cuadrados anexos de 8 m de lado. En esta área, los sujetos tenían que realizar desplazamientos a la máxima velocidad posible (corriendo hacia delante o de espaldas), cambiando de dirección en cada

esquina del cuadrado durante 5 segundos. Las cargas propuestas para estos ejercicios progresaban desde los 0 hasta los 10 Kg en los CDD y desde los 5 hasta los 10 Kg en los ejercicios de arrastres (Tabla 6.2). Tras calentamiento específico, se realizaba el número de series programadas para cada semana, con 2.5 min de recuperación entre series. La duración del entrenamiento de fuerza fue la misma para ambos grupos (GS y GA).

Los jugadores no tenían experiencia previa ni en el entrenamiento de RSE ni en los dos métodos de fuerza propuestos para cada uno de los grupos. Ningún trabajo específico para mejorar las cualidades de fuerza o resistencia se realizó al margen del incluido en la intervención. El resto del entrenamiento diario se completaba exclusivamente con tareas de contenido técnico-táctico para todo el equipo: situaciones reducidas de juego con porterías y porteros (5 vs. 5 / 6 vs. 6) y entrenamiento táctico (11 vs. 11) en campo reglamentario, con el objetivo de asimilar el modelo de juego implementado por el entrenador del equipo.

**TABLA 6.2. Programa de Entrenamiento**

	RSE (Todos)	ENTRENAMIENTO DE FUERZA (GS)		ENTRENAMIENTO DE FUERZA (GA)	
	Miércoles	Martes y Jueves		Martes y Jueves	
	(S X R X D)	SC Velocidad (m·s <sup>-1</sup> )	S X R	CDD (Kg/S X T)	ARR (Kg/S X D)
<b>SEMANA 1</b>	2 X 6 X 30	1,1	3-4 X 6	0/2-3 X 5	5/2-3 X 15
<b>SEMANA 2</b>	2 X 6 X 40	1,1	4-5 X 6	0/3 X 5	5/2-3 X 15
<b>SEMANA 3</b>	3 X 6 X 30	1	4 X 6	5/2-3 X 5	7.5/2-3 X 15
<b>SEMANA 4</b>	3 X 6 X 40	1	5 X 6	5/3 X 5	7.5/3 X 15
<b>SEMANA 5</b>	2 X 8 X 30	0,9	4 X 4	7.5/3 X 5	10/2 X 15
<b>SEMANA 6</b>	3 X 8 X 30	0,9	4-5 X 4	7.5/3 X 5	10/3 X 15
<b>SEMANA 7</b>	3 X 6 X 40	0,8	4 X 3	10/2-3 X 5	10/2 X 20
<b>SEMANA 8</b>	3 X 6 X 40	0,8	4 X 3	10/2-3 X 5	10/3 X 20

RSE: entrenamiento de sprints repetidos; S X R X D: Series X Repeticiones X Distancia (metros);

S X R: Series X Repeticiones; SC: Sentadilla Completa; CDD (Kg/S X T): Desplazamientos con Cambios de Dirección

(Kg/Series X Tiempo (segundos)); ARR (Kg/S X D): Arrastres con trineo (Kg/Series X Distancia (metros));

GS: Grupo Sentadillas; GA: Grupo Arrastres-Cambios de Dirección

- **Tests.**

**Valoraciones Antropométricas.** El peso corporal, la altura y el sumatorio de seis pliegues (Mujika, Santisteban, & Castagna, 2009) (*Harpender Skinfold Caliper, Holtain, Dyfed, UK*) se evaluaron previamente a la primera sesión de Tests de condición física, en la sala médica.

**Salto con contramovimiento (CMJ)**

Tras el calentamiento específico, realizaban 3 saltos únicos en plataforma de fuerza (*Kitsler Quattro Jump, Amherst, New York*) con 2 min aproximadamente de recuperación entre cada salto. Se tomó la media de los 3 saltos realizados, para minimizar el posible error de saltos incorrectamente ejecutados, debido a la falta de experiencia previa en la realización de este ejercicio. Si a juicio del evaluador alguno de los saltos se había ejecutado con incorrecciones técnicas evidentes se repetía tras el tiempo de recuperación indicado.

**RSA.** Test RSA en la cancha de césped artificial, siguiendo la propuesta de Impellizzeri et al. (2008). Tras el CMJ, los jugadores tuvieron 15-30 min de descanso. Individualmente realizaron el calentamiento previo al test, y tras 5 min de recuperación realizaron la prueba que consistió en recorrer 6 veces una distancia de 40 m (20 + 20 ida y vuelta), con 20 s de recuperación pasiva entre ellas (Impellizzeri et al., 2008). Los tiempos de cada repetición eran medidos por una célula fotoeléctrica (*Polifermo Light Radio, Microgate®, Italy*). Posteriormente, el mejor tiempo ( $RSA_{best}$ ), y el tiempo medio de las 6 repeticiones ( $RSA_{mean}$ ) fueron calculados. Se decidió no utilizar el  $RSA_{decrement}$  debido a su elevado coeficiente de variación ( $CV=30.2\%$ ) y bajo coeficiente de correlación intraclase ( $CCI=0.17$ ) (Impellizzeri et al., 2008).

**Test Yo-Yo de Recuperación Intermitente Nivel 1 (Yo-YoIR1).** Para valorar la capacidad de realizar ejercicio intermitente por parte de los jugadores, se realizó el

Yo-YoIR1 (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008). Se monitorizó a cada jugador con un pulsómetro (*Polar Team Sport System, Polar Electro Oy, Finland*), y la Frecuencia Cardíaca Máxima a la conclusión del test fue tomada (Pre-test:  $193.5 \pm 8.7$ ; Pos-test:  $195.1 \pm 7.5$ ), así como la distancia total, incluido el último período no completo.

**Velocidad Media en Sentadilla Completa (SC).** Se valoró la velocidad media en la fase concéntrica de la SC para cada una de las cargas propuestas. La fiabilidad del test (CCI) osciló entre 0.76 para las cargas más bajas (SC 17.5) y 0.91 para las más elevadas (SC 77.5). El CV para el test fue de 2.6-3.7%. Se utilizó para ello un encoder lineal (*SmartCoach Europe AB, Stockholm, Sweden*), habitualmente utilizado para la monitorización del entrenamiento de fuerza (Lundberg, Fernandez-Gonzalo, Gustafsson, & Tesch, 2012, 2013). El dispositivo tiene una frecuencia de muestreo de 100 Hz, y cada muestra tiene un error de medida por debajo de 0.5% para velocidades entre 0 y  $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . La prueba se realizó en el gimnasio, en Máquina Smith. El calentamiento previo (carrera continua en campo, movilidad articular y 1 serie de 6 repeticiones de SC con carga baja: 17.5 kg) seguido de 4 min de recuperación, precedía al test. La carga inicial fue de 17.5 kg para todos los jugadores, y las siguientes cargas se iban incrementando de 10 en 10 kilos hasta que la velocidad media de la fase concéntrica era menor de  $0.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Los sujetos debían desplazar la carga a la máxima velocidad posible en la fase concéntrica. El número de repeticiones con cada carga variaba en función de la velocidad con que se realizaba la primera repetición. Si ésta era superior a  $0.9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , se realizaban 3 repeticiones, y si era inferior se realizaban 2 (Lopez-Segovia et al., 2010). La mejor de las repeticiones, de acuerdo con el criterio de mayor velocidad media, se registró para el análisis. El tiempo de recuperación entre las cargas fue de 4 min. La tabla 6.2 muestra en detalle las velocidades de entrenamiento que fueron aplicadas durante el Período de Intervención.

Se advirtió a los jugadores de no realizar ejercicio vigoroso en las 24 horas previas a las sesiones de valoración. Para el test de SC se realizó una valoración a mitad del protocolo de intervención, con el objetivo de ajustar las cargas de trabajo en la fase final de la investigación para el GS, de acuerdo con las posibles mejoras obtenidas en las primeras semanas de entrenamiento.



## **Análisis Estadístico**

El análisis estadístico se llevó a cabo con el *software PASW Statistics 18*. Se realizó el test de Shapiro-Wilk para establecer la normalidad de cada variable y la prueba de Levene para la homogeneidad de la varianza en las comparaciones Inter-Grupo. Para comparar las diferencias entre Pre-Test y Pos-Test se realizó una prueba T para muestras relacionadas (si las variables se ajustaban a una distribución normal), o la prueba no paramétrica de Wilcoxon en caso contrario.

Para las Comparaciones Inter-grupo se realizó una Prueba T para Muestras Independientes para las variables que se ajustaban a una distribución normal y cumplían la condición de homocedasticidad; y la prueba U de Mann-Whitney para el resto de variables.

El tamaño del efecto (TE) se calculó para todas las comparaciones realizadas, según el procedimiento propuesto por Cohen (Cohen, 1988), considerándose los siguientes criterios:  $>0,2$  (pequeño),  $0,5$  (medio), y  $>0,8$  (grande).

El nivel de significación se estableció para un valor de  $p \leq 0.05$ , y el Intervalo de Confianza (IC) al 95% fue calculado para todas las medidas.

## **RESULTADOS**

Los resultados de las comparaciones Intra-grupo se muestran en las Tablas 6.3 y 6.4. En el GS, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para las siguientes variables: CMJ ( $p=0.050$ ); SC<sub>37.5</sub> ( $p=0.018$ ); SC<sub>47.5</sub> ( $p=0.007$ ) y SC<sub>67.5</sub> ( $p=0.008$ , TE Grande).

En el GA se obtuvieron diferencias estadísticamente en los siguientes casos: SC<sub>17.5</sub> ( $p=0.004$ ; TE Grande); SC<sub>27.5</sub> ( $p=0.040$ ); SC<sub>37.5</sub> ( $p=0.019$ ); SC<sub>47.5</sub> ( $p=0.001$ ) y SC<sub>67.5</sub> ( $p=0.035$ ) (Tabla 6.4).

**TABLA 6.3. Comparaciones Intra-Grupo. GS**

Variables	N	Pre	Post	Cambio	95%IC	TE	Magnitud
		Media $\pm$ SD	Media $\pm$ SD	Media $\pm$ SD			
Yo-YoIR1	7	2297.1 $\pm$ 301.9	2377.1 $\pm$ 548.4	80 $\pm$ 324.1	-219.8 a 379.8	0.15	Insignificante
RSAbest	9	6.99 $\pm$ 0.11	6.97 $\pm$ 0.09	-0.02 $\pm$ 0.07	-0.07 a 0.03	-0.21	Pequeño
RSAmeyan	9	7.40 $\pm$ 0.18	7,36 $\pm$ 0.14	-0.04 $\pm$ 0.14	-0.15 a 0.07	-0.29	Pequeño
CMJ	9	43.8 $\pm$ 6.9	45.9 $\pm$ 5.8	2 $\pm$ 2.6*	-0.002 a 4.07	0.36	Pequeño
SC 17.5	8	1.26 $\pm$ 0.06	1.28 $\pm$ 0.06	0.02 $\pm$ 0.06	-0.03 a 0.08	0.31	Pequeño
SC 27.5	8	1.18 $\pm$ 0.05	1.20 $\pm$ 0.05	0.03 $\pm$ 0.06	-0.02 a 0.07	0.34	Pequeño
SC 37.5	8	1.07 $\pm$ 0.04	1.12 $\pm$ 0.07	0.06 $\pm$ 0.05*	0.01 a 0.1	0.74	Medio
SC 47.5	8	0.98 $\pm$ 0.03	1.03 $\pm$ 0.06	0.06 $\pm$ 0.04*	0.02 a 0.09	0.77	Medio
SC 57.5	8	0.88 $\pm$ 0.06	0.92 $\pm$ 0.08	0.04 $\pm$ 0.05	-0.004 a 0.08	0.47	Medio
SC 67.5	7	0.77 $\pm$ 0.06	0.83 $\pm$ 0.07	0.06 $\pm$ 0.04*	0.02 a 0.1	0.9	Grande
SC 77.5	3	0.72 $\pm$ 0.08	0.75 $\pm$ 0.1	0.02 $\pm$ 0.1	-0.24 a 0.28	0.29	Pequeño
SUM PLIE	9	56.4 $\pm$ 11.1	53.4 $\pm$ 11.5	-3.9 $\pm$ 4.58	-7.42 a -0.38	-0.26	Pequeño
PESO	9	70.6 $\pm$ 5.02	69.6 $\pm$ 4.63	-1.28 $\pm$ 1.65	-2.25 a -0.01	-0.22	Pequeño

GS: Grupo Sentadillas

Yo-Yo IR1 (Distancia recorrida en test yo-yo en metros); RSAbest/mean (Tiempo en RSAbest/mean en segundos); CMJ (altura alcanzada en CMJ en centímetros); SC "X" (Velocidad Media en Sentadilla Completa con carga "X"); SUM PLIE (Sumatorio de pliegues en milímetros); PESO (Peso Corporal en kilogramos); TE: Tamaño del Efecto.

\*  $p \leq 0,05$ **TABLA 6.4. Comparaciones Intra-Grupo. GA**

Variables	N	Pre	Post	Cambio	95%IC	TE	Magnitud
		Media $\pm$ SD	Media $\pm$ SD	Media $\pm$ SD			
Yo-YoIR1	8	2145 $\pm$ 461.5	2055 $\pm$ 571.3	-90 $\pm$ 200.3	-257.4 a 77.4	-0.16	Insignificante
RSAbest	9	7.07 $\pm$ 0,18	7.06 $\pm$ 0.14	-0.01 $\pm$ 0.14	-0.12 a 0.1	-0.07	Insignificante
RSAmeyan	9	7.42 $\pm$ 0.15	7.39 $\pm$ 0.16	-0.03 $\pm$ 0.08	-0.09 a 0.03	-0.19	Insignificante
CMJ	10	43.3 $\pm$ 4.33	44.8 $\pm$ 5.21	1.4 $\pm$ 3.1	-0.8 a 3.68	0.29	Pequeño
SC 17.5	10	1.19 $\pm$ 0.08	1.28 $\pm$ 0.06	0.09 $\pm$ 0.08*	0.04 a 0.15	1.36	Grande
SC 27.5	10	1.13 $\pm$ 0.07	1.19 $\pm$ 0.09	0.06 $\pm$ 0.08*	0.003 a 0.12	0.67	Medio
SC 37.5	10	1.04 $\pm$ 0.07	1.10 $\pm$ 0.06	0.06 $\pm$ 0.07*	0.01 a 0.11	0.57	Medio
SC 47.5	10	0.92 $\pm$ 0.08	0.99 $\pm$ 0.1	0.07 $\pm$ 0.05*	0.04 a 0.1	0.67	Medio
SC 57.5	9	0.87 $\pm$ 0.07	0.92 $\pm$ 0.1	0.05 $\pm$ 0.06	-0.00 a 0.09	0.48	Medio
SC 67.5	7	0.80 $\pm$ 0.07	0.86 $\pm$ 0.08	0.06 $\pm$ 0.06*	0.01 a 0.11	0.69	Medio
SC 77.5	4	0.81 $\pm$ 0.04	0.84 $\pm$ 0.07	0.03 $\pm$ 0.04	-0.03 a 0.09	0.44	Medio
SUM PLIE	11	50.9 $\pm$ 12.5	49.3 $\pm$ 9.9	-1.57 $\pm$ 5.15	-5.03 a 1.89	-0.16	Insignificante
PESO	11	69.4 $\pm$ 7.8	68.9 $\pm$ 7.4	-0.48 $\pm$ 1.76	-1.67 a 0.7	-0.07	Insignificante

GA: Grupo Arrastres-Cambios de Dirección.

Yo-YoIR1 (Distancia recorrida en test yo-yo en metros); RSAbest/mean (Tiempo en RSAbest/mean en segundos); CMJ (altura alcanzada en CMJ en centímetros); SC "X" (Velocidad Media en Sentadilla Completa con carga "X"); SUM PLIE (Sumatorio de pliegues en milímetros); PESO (Peso Corporal en kilogramos); TE: Tamaño del Efecto.

\*  $p \leq 0,05$

Los resultados de las comparaciones Inter-grupo no mostraron diferencias estadísticamente significativas, a excepción de SC<sub>17.5</sub>, que fue sustancialmente mayor en el GA (TE Grande) (Tabla 6.5).

**TABLA 6.5. Comparaciones Inter-Grupo.**

Variables	Cambio GS Media $\pm$ SD	Cambio GA Media $\pm$ SD	Diferencia Media $\pm$ SE	95% IC	TE	Magnitud
Yo-YoIR1	80 $\pm$ 324.1	-90 $\pm$ 200.3	170 $\pm$ 137.02	-126.02 a 466.02	0,60	Medio
RSAbest	-0.02 $\pm$ 0.07	-0.01 $\pm$ 0.14	-0.01 $\pm$ 0.05	-0.12 a 0.1	-0,09	Insignificante
RSAmey	-0.04 $\pm$ 0.14	-0.03 $\pm$ 0.08	-0.01 $\pm$ 0.06	-0.13 a 0.11	-0,08	Insignificante
CMJ	2 $\pm$ 2.6	1.4 $\pm$ 3.1	0.59 $\pm$ 1.34	-2.23 a 3.42	0,19	Insignificante
SC 17.5	0.02 $\pm$ 0.06	0.09 $\pm$ 0.08	-0.07 $\pm$ 0.03	-0.14 a 0.00	-0,92	Grande
SC 27.5	0.03 $\pm$ 0.06	0.06 $\pm$ 0.08	-0.03 $\pm$ 0.03	-0.11 a 0.04	-0,39	Pequeño
SC 37.5	0.06 $\pm$ 0.05	0.06 $\pm$ 0.07	-0.01 $\pm$ 0.03	-0.07 a 0.06	-0,00	Insignificante
SC 47.5	0.06 $\pm$ 0.04	0.07 $\pm$ 0.05	-0.01 $\pm$ 0.02	-0.06 a 0.03	-0,21	Pequeño
SC 57.5	0.04 $\pm$ 0.05	0.05 $\pm$ 0.06	-0.01 $\pm$ 0.03	-0.07 a 0.05	-0,17	Insignificante
SC 67.5	0.06 $\pm$ 0.04	0.06 $\pm$ 0.06	0.00 $\pm$ 0.03	-0.05 a 0.06	0,00	Insignificante
SC 77.5	0.02 $\pm$ 0.1	0.03 $\pm$ 0.04	0.00 $\pm$ 0.06	-0.24 a 0.23	0,12	Insignificante
SUM PLIE	-3.9 $\pm$ 4.58	-1.57 $\pm$ 5.15	-2.33 $\pm$ 2.2	-6.96 a 2.31	-0,45	Pequeño
PESO	-1.28 $\pm$ 1.65	-0.48 $\pm$ 1.76	-0.8 $\pm$ 0.77	-2.41 a 0.82	-0,44	Pequeño

GS: Grupo Sentadillas; GA: Grupo Arrastres-Cambios de Dirección.

Yo-YoIR1 (Distancia recorrida en test yo-yo en metros); RSAbest/mean (Tiempo en RSAbest/mean en segundos); CMJ (altura alcanzada en CMJ en centímetros); SC "X" (Velocidad Media en Sentadilla Completa con carga "X"); SUM PLIE (Sumatorio de pliegues en milímetros); PESO (Peso Corporal en kilogramos).

TE: Tamaño del Efecto; SE: Error típico de la diferencia

## DISCUSIÓN

El principal objetivo de la investigación fue valorar el efecto de la combinación de RSE con dos métodos diferentes de entrenamiento de la fuerza muscular sobre la RSA. El principal hallazgo del estudio fueron los similares resultados obtenidos en ambos grupos en casi todas las variables. Estos resultados podrían mostrar que a pesar de utilizar diferentes métodos de entrenamiento de fuerza, las adaptaciones conseguidas fueron similares.

Los resultados de la investigación no mostraron cambios estadísticamente significativos en RSA<sub>best</sub> y RSA<sub>mean</sub> para ninguno de los dos grupos (Tablas 6.3 y 6.4).

Un estudio similar recientemente publicado tampoco obtuvo mejoras en  $RSA_{mean}$  al realizar una sola sesión semanal de RSE en jugadoras de fútbol durante la temporada competitiva (Shalfawi, Haugen, Jakobsen, Enoksen, & Tonnessen, 2013). Recientemente se ha debatido sobre falta de efectividad del entrenamiento de sprints repetidos para la mejora de la RSA (Bishop et al., 2011; Buchheit, 2012). No obstante, algunos estudios sí que han mostrado que el entrenamiento mediante sprints repetidos consigue mejoras significativas en  $RSA_{mean}$  por medio de una (Tonnessen, Shalfawi, Haugen, & Enoksen, 2011) o dos sesiones semanales de entrenamiento RSE (Ferrari Bravo et al., 2008); también se han conseguido mejoras estadísticamente significativas en ambas variables ( $RSA_{mean}$  y  $RSA_{best}$ ) mediante una sesión semanal (Buchheit et al., 2010). Todos estos estudios se realizaron en la fase inicial del período de competiciones, mientras el nuestro se realizó en el período post-competiciones. Es posible que la fatiga acumulada en la primera parte de la temporada competitiva pueda reducir el rendimiento en RSA (Impellizzeri et al., 2008), lo que junto con el final del período competitivo explicaría la falta de mejoras significativas en nuestro estudio.

Según Ferrari Bravo et al. (2008), las mejoras en  $RSA_{mean}$  podrían reflejar incrementos del metabolismo anaeróbico, como factor determinante del rendimiento en RSA. En nuestro estudio, las sobrecargas solicitadas en el entrenamiento de fuerza fueron bajas-medias, y los períodos de recuperación entre series fueron amplios (oscilando entre los 2.5 y los 3 min, con la finalidad de permitir la completa recuperación de los depósitos de PC). Es posible que estas sobrecargas no hayan sido suficientes para mejorar la RSA. El entrenamiento de fuerza que sí ha mostrado su eficacia para la mejora de la RSA ha sido el realizado con sobrecargas altas (Bishop et al., 2011). Además, los autores de la citada revisión sistemática sobre la RSA, comentan la posibilidad de reducir el tiempo de recuperación entre series (hasta 20 segundos), con el objetivo de incluir una alta carga metabólica (concentración de lactato sanguíneo superior a 10 mmol/l), para intentar mejorar la RSA por grandes mejoras en la regulación de  $H^+$ . No obstante, los efectos de entrenamiento de las distintas propuestas podrían estar condicionados por el período de la temporada en que se apliquen.

A pesar de que el entrenamiento de sprints repetidos parece que no consigue mejorar la capacidad de saltar de los futbolistas (Ferrari Bravo et al., 2008), el programa de entrenamiento aplicado en éste trabajo incluía ejercicios de fuerza explosiva en ambos grupos. Sin embargo, solo el GS consiguió mejorar su CMJ de forma estadísticamente significativa (5.28%;  $p \leq 0.05$ ). Estas mejoras en el GS fueron similares a las obtenidas por otros estudios realizados con futbolistas juveniles (Gorostiaga et al., 2004; Lopez-Segovia et al., 2010) que utilizaron la sentadilla completa con cargas bajas-medias movilizadas a máxima velocidad en su fase concéntrica. El GA, incluía ejercicios de fuerza explosiva tales como arrastre y CDD con sobrecarga, pero ninguno específico para la mejora del salto, lo que pudo limitar las posibles mejoras en el CMJ.

Uno de los hallazgos de este estudio fue las mejoras en ambos grupos experimentales en prácticamente todas las cargas movilizadas en el ejercicio de SC. El GS mejoró de forma estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) su velocidad media en 3 cargas: SC<sub>37.5-47.5-67.5</sub> (Tabla 6.3), algo que podía esperarse dado el elevado volumen de entrenamiento con el ejercicio de sentadilla que se incluía en su rutina semanal. Las mejoras en este grupo, siempre fueron superiores para las cargas que se movilizaban a velocidades inferiores a  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , siendo menos efectivo cuando se requerían altas velocidades de contracción. Esto pudo ser debido a que durante las 8 semanas de intervención, se realizó un mayor volumen de entrenamiento de sentadilla a velocidades iguales o inferiores a  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . López-Segovia et al. (2010) obtuvieron resultados diferentes con un protocolo de trabajo similar, al mejorar de forma significativa las cargas que se movilizaban a velocidades superiores a  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Es importante considerar que el citado estudio, incluyó además de la realización de SC, ejercicios para la mejora de la capacidad de aceleración como arrastres y CDD con sobrecarga para todo el equipo.

Sin embargo, el GA consiguió mejorar hasta 5 cargas de forma significativa: SC<sub>17.5-27.5-37.5-47.5-67.5</sub> (Tabla 6.4), a pesar de no incluir este ejercicio en sus rutinas de entrenamiento. Las mejoras fueron tanto para las cargas que se movilizaban a velocidades superiores como inferiores a  $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

En cuanto a las comparaciones inter-grupos, existió una sustancial diferencia en las mejoras para la carga SC<sub>17.5</sub> (TE=-0.92), favorable al GA. Estos resultados pudieron

ser debidos a que las sobrecargas utilizadas por este grupo durante el período experimental oscilaron entre los 5 y 10 kgs.

Las mejoras de fuerza no fueron acompañadas de aumentos de peso corporal en ninguno de los dos grupos (Tablas 6.3 y 6.4). En un deporte como el fútbol, en el que hay que desplazar el peso corporal y las aceleraciones pueden ser determinantes en el rendimiento, conseguir aumentar la fuerza de los jugadores sin incrementos del peso corporal, puede considerarse un objetivo prioritario. Estas ganancias de fuerza podrían haberse debido a la mejora de factores neurales. Gracias a adaptaciones de éste tipo, otros estudios han conseguido mejorar los niveles de fuerza de los futbolistas, (evaluados mediante Test 1RM) (Chelly et al., 2009; Helgerud, Rodas, Kemi, & Hoff, 2011). Aunque estos estudios incidieron (de la misma forma que en nuestro trabajo), en la movilización de las cargas a máxima velocidad en su fase concéntrica, se diferenciaron de nuestro protocolo en la aplicación de altas cargas (70-100% 1RM). No obstante, los incrementos en la aplicación de fuerza conseguidos en nuestro estudio, no fueron acompañados por mejoras en la RSA, como esperábamos antes de la intervención. El hecho de haber concluido el período de competiciones pudo limitar las posibles ganancias.

Puesto que la capacidad de realizar ejercicio intermitente de alta intensidad evaluada mediante Yo-YoIR1 está pobremente asociada con el rendimiento en RSA ( $r^2=0,19$ ) (Chaouachi et al., 2010), no se esperaban resultados similares en el rendimiento de ambas pruebas. Posibles resultados positivos en Yo-YoIR1 eran esperados por las mejoras de los sistemas anaeróbicos de suministro de energía en ambos grupos, pues el resultado en el Yo-YoIR1 parece que está influenciado tanto por el rendimiento aeróbico como anaeróbico del deportista (Castagna, Impellizzeri, Chamari, Carlomagno, & Rampinini, 2006). No obstante, los resultados en el Yo-YoIR1 en nuestro estudio no mostraron mejoras significativas para ninguno de los dos grupos.

Existe cierta controversia respecto a la correlación entre el rendimiento en el Yo-YoIR1 y el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) (Castagna et al., 2006; Krstrup et al., 2003). A pesar de que en nuestro trabajo no se incluyeron tareas de entrenamiento para la mejora del  $VO_{2max}$ , un estudio previo sí consiguió mejorar tanto el  $VO_{2max}$  como el rendimiento en el Yo-YoIR1 mediante RSE realizado dos

veces por semana (Ferrari Bravo et al., 2008). El hecho de que este entrenamiento se realizase al comienzo de la temporada de competiciones podría haber facilitado dichas mejoras (debido al bajo nivel de condición física de los jugadores en éste período). El volumen de RSE incluido en nuestro estudio, fue bastante inferior al propuesto en el anterior estudio (Ferrari Bravo et al., 2008); además la ausencia de competición oficial podría explicar la ausencia de mejoras en Yo-YoIR1.

### **APLICACIONES PRÁCTICAS**

En función de nuestros resultados y del análisis de la literatura existente, la combinación semanal de una única sesión de RSE con dos sesiones de fuerza parece ser un estímulo suficiente para mantener la RSA y la capacidad de realizar ejercicio intermitente a alta intensidad, pero no para mejorar estas capacidades en el período final de la temporada. La ausencia de partidos de competición oficial en esta fase de la temporada podría haber condicionado los resultados obtenidos con los programas de entrenamiento realizados. Sin embargo, la combinación semanal de RSE con Sentadilla Completa en este período, sí que provoca una mejora estadísticamente significativa en la capacidad de saltar de los futbolistas. No obstante podría ser interesante repetir el estudio con una muestra mayor para poder generalizar éstas conclusiones.

### **REFERENCIAS**

- Aziz, A. R., Chia, M., & Teh, K. C. (2000). The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(3), 195-200.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, 38(1), 37-51.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, 24(7), 665-674.

Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*, 41(9), 741-756.

Bishop, D., Spencer, M., Duffield, R., & Lawrence, S. (2001). The validity of a repeated sprint ability test. *J Sci Med Sport*, 4(1), 19-29.

Bogdanis, G. C., Papaspyrou, A., Souglis, A. G., Theos, A., Sotiropoulos, A., & Maridaki, M. (2011). Effects of two different half-squat training programs on fatigue during repeated cycling sprints in soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(7), 1849-1856.

Buchheit, M. (2012). Should we be recommending repeated sprints to improve repeated-sprint performance? *Sports Med*, 42(2), 169-172; author reply 172-163.

Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2715-2722.

Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chamari, K., Carlomagno, D., & Rampinini, E. (2006). Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. *J Strength Cond Res*, 20(2), 320-325.

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. In Hillsdale (Ed.), (pp. 567): NJ: Erlbaum Associates.

Chaouachi, A., Manzi, V., Wong del, P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2663-2669.

Chelly, M. S., Fathloun, M., Cherif, N., Ben Amar, M., Tabka, Z., & Van Praagh, E. (2009). Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(8), 2241-2249.

Di Salvo, V., Baron, R., Tschann, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227.



- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med*, 30(3), 205-212.
- Ferrari Bravo, D., Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., & Wisloff, U. (2008). Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med*, 29(8), 668-674.
- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*, 41(8), 673-694.
- Gorostiaga, E. M., Izquierdo, M., Ruesta, M., Iribarren, J., Gonzalez-Badillo, J. J., & Ibanez, J. (2004). Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *Eur J Appl Physiol*, 91(5-6), 698-707.
- Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O. J., & Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med*, 32(9), 677-682.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*, 34(3), 165-180.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med*, 36(3), 218-221.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med*, 29(11), 899-905.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., . . . Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705.
- Lopez-Segovia, M., Palao Andres, J. M., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Effect of 4 months of training on aerobic power, strength, and acceleration in two under-19 soccer teams. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2705-2714.

Lundberg, T. R., Fernandez-Gonzalo, R., Gustafsson, T., & Tesch, P. A. (2012). Aerobic exercise alters skeletal muscle molecular responses to resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 44(9), 1680-1688.

Lundberg, T. R., Fernandez-Gonzalo, R., Gustafsson, T., & Tesch, P. A. (2013). Aerobic exercise does not compromise muscle hypertrophy response to short-term resistance training. *J Appl Physiol* (1985), 114(1), 81-89.

Mujika, I., Santisteban, J., & Castagna, C. (2009). In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(9), 2581-2587.

Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci*, 27(14), 1581-1590.

Owen, A. L., Wong del, P., Paul, D., & Dellal, A. (2012). Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2748-2754.

Rønnestad, B. R., Nymark, B. S., & Raastad, T. (2011). Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(10), 2653-2660.

Shalfawi, S. A., Haugen, T., Jakobsen, T. A., Enoksen, E., & Tonnessen, E. (2013). The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 27(11), 2966-2972.

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*, 35(12), 1025-1044.

Spencer, M., Bishop, D., & Lawrence, S. (2004). Longitudinal assessment of the effects of field-hockey training on repeated sprint ability. *J Sci Med Sport*, 7(3), 323-334.

Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.

Tonnessen, E., Shalfawi, S. A., Haugen, T., & Enoksen, E. (2011). The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprint speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *J Strength Cond Res*, 25(9), 2364-2370.

Wadley, G., & Le Rossignol, P. (1998). The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems. *J Sci Med Sport*, 1(2), 100-110.

Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*, 38(3), 285-288.

Wragg, C. B., Maxwell, N. S., & Doust, J. H. (2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *Eur J Appl Physiol*, 83(1), 77-83.

Ziogas, G. G., Patras, K. N., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2011). Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *J Strength Cond Res*, 25(2), 414-419.



## **7. Relaciones entre indicadores de carga interna en futbolistas profesionales: comparación entre diferentes tipos de sesiones integradas.**

### **INTRODUCCIÓN**

Las intensas demandas competitivas de los futbolistas profesionales contemporáneos, desafían la capacidad de los entrenadores para garantizar un equilibrio adecuado entre los estímulos de entrenamiento y la recuperación (Nedelec et al., 2013). Con un tiempo para entrenar limitado y la necesidad de rendir al máximo nivel posible (al menos) cada fin de semana, los entrenadores suelen priorizar en sesiones de entrenamiento integradas, donde se mezclan los elementos técnicos, tácticos y condicionales. La evidente necesidad de utilizar ejercicios de entrenamiento grupales, a menudo da lugar a notables diferencias en las respuestas fisiológicas de los jugadores (Rebelo et al., 2012). Es decir, para una determinada sesión de entrenamiento, los jugadores pueden recibir un estímulo completamente diferente. Es posible por tanto, que las diferencias en los estímulos de entrenamiento entre los jugadores aparezcan cuando se utiliza el entrenamiento integrado (por ejemplo, diferentes roles tácticos demandarán diferentes patrones de movimiento y por tanto respuestas fisiológicas asociadas a ellos). Por ello, es necesario conocer la carga interna y externa de entrenamiento para asegurar que tanto la carga óptima como la recuperación se han conseguido.

La monitorización de la carga de entrenamiento (CE) ayuda a conocer las respuestas individuales de los deportistas (Manzi, Iellamo, Impellizzeri, D'Ottavio, & Castagna, 2009). Las mediciones de la carga interna (CIE), valoran el estrés fisiológico soportado por el deportista y las mediciones de la carga externa (CEE) cuantifican los estímulos físicos realizados. El resultado del entrenamiento es la consecuencia de ambos estímulos y el análisis de ambas proporcionará información útil para valorar los efectos del entrenamiento (Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Roman, & Castagna, 2013; Scott, Lockie, Knight, Clark, & Janse de Jonge, 2013). Sin embargo parece ser que tan sólo la cantidad de CIE soportada podría ser la que en última instancia determinara las mejoras en la condición física (Akubat, Barrett,

& Abt, 2013). Por esta razón, los métodos basados en el análisis de la frecuencia cardíaca (FC) como las mediciones de los impulsos de entrenamiento de Banister (TRIMP) (Banister, 1991), la propuesta de Edwards (Edwards TL) (Edwards, 1993) o la adaptación de Stagno a deportes de equipo (TRIMP<sub>MOD</sub>) (Stagno, Thatcher, & van Someren, 2007) se utilizan habitualmente en el fútbol para monitorizar la CIE. Salvo para los equipos de fútbol del más alto nivel, el uso rutinario de métodos basados en el análisis de FC no suele ser factible (Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004). Una estrategia alternativa, práctica y de bajo coste para cuantificar la CIE es el método *Session-RPE TL* (Foster et al., 2001), que ha mostrado ser una herramienta válida y fiable para monitorizar la CE en fútbol y otros deportes de equipo (Impellizzeri et al., 2004).

A pesar de que se han registrado correlaciones muy grandes entre el método *Session RPE TL* y diferentes métodos de valoración de la CIE basados en el análisis de la FC, en sesiones de entrenamiento de fútbol (Alexiou & Coutts, 2008; Impellizzeri et al., 2004; Jeong, Reilly, Morton, Bae, & Drust, 2011), algunos investigadores han sugerido que la magnitud de esas correlaciones puede variar dependiendo del tipo de sesión de entrenamiento (Alexiou & Coutts, 2008). En este sentido, se encontraron elevadas correlaciones ( $r=0.82$ ) entre el método *Session RPE TL* y el método de Edwards en las sesiones de intensidad relativamente baja (predominantemente aeróbicas) como son las “Sesiones Técnicas”. Sin embargo, se registraron correlaciones de baja magnitud ( $r=0.25$ ) en las sesiones con mayor contenido neuromuscular, como son las “Sesiones de Fuerza”, en jugadoras de fútbol (Alexiou & Coutts, 2008). Estos resultados, parecen sugerir que el método *Session RPE TL* podría ser incapaz de reflejar el estrés fisiológico subyacente, inferido de la FC, que surge de algunas sesiones típicamente realizadas por los equipos de fútbol. Esto podría estar relacionado con la naturaleza de las tareas evaluadas: ejercicio intermitente de elevada intensidad y corta duración intercalado con períodos de recuperación pasiva en los que la FC es poco probable que refleje la intensidad de la tarea (Impellizzeri et al., 2004). Sin embargo, actualmente no existe mucha información disponible sobre la CIE soportada durante sesiones de entrenamiento específicas de fútbol, llevadas a cabo durante el típico microciclo competitivo con el objetivo de preparar a los jugadores profesionales, para la competición que disputan cada fin de semana (Jeong et al., 2011).

Por consiguiente, los objetivos del presente estudio fueron: (i) describir la CIE de las sesiones realizadas durante una típica semana (con un partido cada 7 días) en jugadores profesionales de fútbol, y (ii) determinar las relaciones entre diferentes indicadores de CIE habitualmente empleados en fútbol (*Session RPE TL*,  $\text{TRIMP}_{\text{MOD}}$  Stagno, Edwards TL) en diferentes tipos de sesión.

## MÉTODO

### Participantes

9 jugadores profesionales de fútbol participaron en el presente estudio (edad:  $26.7 \pm 4.5$  años; altura:  $176.5 \pm 6.8$  cm; peso:  $74.5 \pm 5.7$  Kg; % grasa (Faulkner):  $10.1 \pm 0.8$ ; media  $\pm$  SD). Todos los jugadores pertenecían al mismo equipo, el cuál competía en la 2ª División de la liga de fútbol española, y tenían una experiencia media en el fútbol profesional de  $\sim 4.5$  años. Todos los sujetos fueron informados previamente sobre el objetivo del estudio y tipo de pruebas a las que se sometería, y nos proporcionaron su consentimiento informado firmado siguiendo las indicaciones de la Declaración de Helsinki.

### Diseño Experimental

El estudio se llevó a cabo durante una temporada completa (pretemporada + temporada competitiva). La temporada competitiva comenzó la última semana de Agosto (6ª semana) y se prolongó hasta la primera semana de Junio. Durante la temporada competitiva, el equipo habitualmente realizaba 5 sesiones de entrenamiento y 1 partido de competición oficial a la semana. Las sesiones de entrenamiento en este período tenían una duración de  $\sim 90$  minutos (oscilando entre 60 y 105 minutos), y la estructura de trabajo habitual se refleja en la Tabla 7.1. Las sesiones de entrenamiento durante cada semana se realizaban en 3 campos de fútbol (todos de césped natural). Una vez por semana el equipo entrenaba en el estadio donde se jugaban los partidos de competición oficial. De esta forma, se rotaba la utilización de todos los campos con el objetivo de mantenerlos en las mejores condiciones posibles.

**TABLA 7.1. Estructura de trabajo semanal en temporada competitiva**

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
Recuperación		Circuitos de	Juegos de		Activación	PARTIDO
Fisiológica	DESCANSO	Habilidades	posesión +	Entº. Tac	Pre-partido	COMPETICIÓN
Post-Partido		+ SRJ	ejercicios			
o			Técnico-			
COMP			Tácticos			

COMP: Sesión de compensación de cargas (solo para los jugadores que no participaron en el partido, o jugaron menos de 45 minutos); SRJ: Situaciones reducidas de juego; Entº.Tac: Entrenamiento Táctico

Se establecieron 3 períodos de valoración en el estudio (Julio-Noviembre-Marzo) para valorar el rendimiento intermitente a través del Test Yo-Yo de Recuperación Intermitente (Yo-YoIR1) (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008). Durante el test, se obtuvieron las frecuencias cardíacas máximas ( $FC_{max}$ ) de los jugadores (Bangsbo et al., 2008). Para ello, durante la prueba se monitorizó a cada jugador con un pulsómetro (Polar Team 2®). En aquellos jugadores, en los que las  $FC_{max}$  fueron más elevadas en el transcurso de los entrenamientos que las  $FC_{max}$  obtenidas en el Yo-YoIR1, los valores de  $FC_{max}$  mostrados durante los entrenamientos, fueron registrados y usados para el análisis. Seis semanas después de cada valoración, la CIE de cada sesión de entrenamiento fue monitorizada. Las sesiones de entrenamiento fueron clasificadas en las siguientes categorías:

- Circuito de habilidades + situaciones reducidas de juego (CH+SRJ). Tras el calentamiento, los jugadores realizaron a la máxima intensidad entre 6-12 series de 30-45 segundos de acciones explosivas (aceleraciones, cambios de dirección, saltos) combinadas con habilidades técnicas. Estas tareas fueron seguidas de 3-6 series de SRJ (desde 5 vs. 5 hasta 8 vs. 8) con porteros y porterías reglamentarias, en un área relativa individual de  $\sim 85 \text{ m}^2$  por jugador. La duración de las SRJ osciló entre 3 y 5 min con fases de recuperación de 2 min.
- Juegos de posesión + ejercicios técnico-tácticos (JP+TT). Tras el calentamiento, los jugadores realizaron juegos de posesión (sin porteros). El principal objetivo de estas tareas, era mantener la posesión del balón en ataque (“jugar rápido”, con pocos toques) y presionar para una rápida recuperación en defensa. Los juegos de posesión se organizaron desde 5 vs.



5 hasta 8 vs. 8 y se jugaban en un área relativa individual que oscilaba entre 35 y 45 m<sup>2</sup> por jugador. Se llevaron a cabo entre 2-4 series con períodos de trabajo que fluctuaron entre 4-8 min y con fases de recuperación de 2 min. Después de los juegos de posesión, se realizó una tarea con contenido técnico-táctico (11 vs. 11 con el objetivo de entrenar situaciones de juego real).

- Entrenamiento Táctico (TAC). Tras el calentamiento, solamente se realizaron tareas con contenido táctico, generalmente basado en situaciones 11 vs. 11 con el objetivo de asimilar conceptos para el siguiente partido.
- Activación Pre-Partido (ACTV). El día antes del partido se realizaron acciones de finalización ejecutadas a la máxima velocidad. Tras ellas, se jugaba 10-15 min de partido 11 vs. 11 en un espacio de juego de 70x65 m. La sesión finalizaba con 15 min de entrenamiento de acciones de estrategia.

Solo las sesiones en que los jugadores completaron todo el entrenamiento fueron registradas para su análisis posterior.

### **Intensidad del ejercicio y Carga Interna de Entrenamiento**

La FC fue registrada cada 1s mediante un sistema de telemetría (*Polar Team 2®*) durante todas las sesiones de entrenamiento. La frecuencia cardíaca media ( $FC_{med}$ ), la  $FC_{max}$  y el volumen de tiempo que los jugadores pasaron en cada sesión entre el 80-100% de la  $FC_{max}$  fueron determinados. Se cuantificó la CIE mediante dos métodos diferentes basados en la monitorización de la FC y uno pasado en la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE).

Se realizó el cálculo de CIE según la propuesta de Edwards (1993) (Edwards TL), que integra el volumen total de entrenamiento con la intensidad, teniendo en cuenta 5 zonas de intensidad diferentes. El cálculo para cada sesión se realizó multiplicando la duración acumulada en cada zona de FC (min) por un valor asignado a cada zona de intensidad (90-100%  $FC_{max}$  =5; 80-90%  $FC_{max}$  =2; 70-80%  $FC_{max}$  =3; 60-70%  $FC_{max}$  =2; 50-60%  $FC_{max}$  =1) para después realizar el sumatorio de los resultados.

También se realizó el cálculo de  $TRIMP_{MOD}$  siguiendo la propuesta de Stagno et al. (2007). Estos autores establecieron 5 zonas de intensidad gracias al factor de ponderación obtenido al estudiar la relación entre la elevación fraccional de la FC y

la concentración de lactato. Así, se determina la CIE al calcular el resultado del producto de la duración del entrenamiento acumulado (min) en cada una de las zonas de intensidad por el factor de ponderación de cada zona (93-100%  $FC_{max}=5.16$ ; 86-92%  $FC_{max}=3.61$ ; 79-85%  $FC_{max}=2.54$ ; 72-78%  $FC_{max}=1.71$ ; 65-71%  $FC_{max}=1.25$ ), para luego realizar el sumatorio de los resultados.

Por último, se cuantificó la CIE mediante el análisis de la percepción subjetiva del esfuerzo (*rate of perceived exertion*, RPE) de cada sesión. Para ello, 30 minutos después de concluir el entrenamiento, los jugadores proporcionaban el valor de RPE usando una escala de Borg-10 (Borg, Hassmen, & Lagerstrom, 1987), con la que previamente estaban familiarizados. Posteriormente se realizó el cálculo propuesto por Foster et al. (2001), multiplicándose el valor de RPE proporcionado por el futbolista por la duración total del entrenamiento (min), y obteniendo de esta forma una estimación de la CIE derivada de la RPE (sRPE-TL). Un total de 288 sesiones de entrenamiento individuales cumplieron todos los requisitos y fueron incluidas en el análisis.

### **Análisis Estadístico**

Las variables son presentadas como media ( $\pm$  SD). La precisión de la estimación se indica mediante intervalos de confianza 90% (IC). Además de los análisis estadísticos de significación (prueba t de muestras apareadas), se analizaron las posibles diferencias entre los períodos y las sesiones de entrenamiento (comparaciones por parejas) para la significación práctica, usando inferencias basadas en las magnitudes (Hopkins, 2006). Los datos fueron transformados mediante un logaritmo antes del análisis para reducir la falta de uniformidad de error. Se determinó el tamaño del efecto (TE) empleándose los valores de umbral de Cohen fueron que fueron: insignificante (0.0-0.19); pequeño (0.2-0.59); moderado (0.6-1.1); grande (1.2-1.9); y muy grande ( $>2.0$ ) (Batterham & Hopkins, 2006; Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009). Las inferencias basadas en magnitudes fueron también empleadas para determinar las posibles diferencias entre duración, FC e indicadores de CIE durante los diferentes tipos de sesión usando las siguientes probabilidades cualitativas (PC):  $<1\%$ ; casi seguro que no,

<5%; muy improbable, <25%; improbable, 25–75%; posible, >75%; probable, >95%; muy probable, >99%; casi seguro. Un efecto sustancial fue determinado al >75% (Batterham & Hopkins, 2006; Suarez-Arrones et al., 2014; Suarez-Arrones, Nunez, Munguia-Izquierdo, Portillo, & Mendez-Villanueva, 2013). El coeficiente de correlación de Pearson fue usado para examinar las relaciones entre las diferentes medidas de CIE. Los valores de umbral para caracterizar las correlaciones fueron pequeña (0.1 – 0.2), moderada (0.3 – 0.4), grande (0.5 – 0.6), muy grande (0.7 – 0.8) y extremadamente grande ( $\geq 0.9$ ) (Hopkins et al., 2009).

## RESULTADOS

El rendimiento en Yo-YoIR1 en Julio (pretemporada) fue substancialmente inferior comparado con las valoraciones realizadas en Noviembre ( $TE = 0.68 \pm 0.18$   $PC = 100/0/0$ ) y Marzo ( $TE = 0.75 \pm 0.30$   $PC = 100/0/0$ ) ( $2609 \pm 312$  m vs.  $2849 \pm 320$  m vs.  $2880 \pm 374$  m, respectivamente). No existieron diferencias en la  $FC_{max}$  alcanzada durante el test ( $184 \pm 8$  ppm vs.  $184 \pm 12$  ppm vs.  $185 \pm 10$ ).

La FC registrada y las mediciones de CIE se muestran en la Tabla 7.2. Los valores de FC obtenidos durante las sesiones CH+SRJ y JP+TT fueron substancialmente mayores que en los otros dos tipos de sesión. Todos los indicadores de CIE así como la duración de la sesión fueron substancialmente mayores en CH+SRJ que en el resto de las sesiones. Todos los registros de CIE en JP+TT fueron substancialmente mayores que en las sesiones TAC y ACTV (Tabla 7.2)

El promedio (IC 90%) de las correlaciones individuales entre sRPE-TL y la FC registrada durante los diferentes tipos de sesión se muestra en la tabla 7.3. Se encontraron correlaciones grandes entre  $FC > 80\% FC_{max}$  y  $FC > 90\% FC_{max}$  con sRPE-TL durante las sesiones JP+TT y las sesiones TAC ( $r = 0.61$  a  $0.68$ ). El resto de correlaciones fueron insignificantes.

**TABLA 7.2. Comparación entre duración, FC registrada e indicadores de CIE durante diferentes tipos de sesión (media  $\pm$  SD)**

Tipo de Sesión	Duración sesión (min)	Intensidad					Carga de Entrenamiento		
		RPE	FC Media (%FC <sub>max</sub> )	FC Pico (%FC <sub>max</sub> )	>80%FC <sub>max</sub>	>90%FC <sub>max</sub>	TRIMP <sub>MOD</sub>	Edwards TL	sRPE-TL
CH+SRJ	87.0 $\pm$ 11.1*	7.4 $\pm$ 0.7*	70.5 $\pm$ 3.8+	95.4 $\pm$ 2.8+	26.2 $\pm$ 8.0+	9.0 $\pm$ 6.6+	132.9 $\pm$ 34.7*	226.2 $\pm$ 37.5*	642.4 $\pm$ 108.6*
JP+TT	73.8 $\pm$ 13.5	6.9 $\pm$ 1.4+	71.2 $\pm$ 4.4+	94.8 $\pm$ 3.7+	24.1 $\pm$ 8.3+	9.4 $\pm$ 7.3+	119.6 $\pm$ 38.6+	197.7 $\pm$ 47.1+	516.8 $\pm$ 178.0+
TAC	74.2 $\pm$ 11.4	4.8 $\pm$ 1.7	66.2 $\pm$ 4.9	91.4 $\pm$ 4.1	14.5 $\pm$ 10.7	2.2 $\pm$ 3.7	85.1 $\pm$ 37.6	166.0 $\pm$ 51.4	370.5 $\pm$ 182.0
ACTV	72.7 $\pm$ 8.1	4.5 $\pm$ 0.9	65.6 $\pm$ 3.3	92.3 $\pm$ 4.4	10.7 $\pm$ 4.8	2.7 $\pm$ 2.8	73.6 $\pm$ 22.3	156.2 $\pm$ 30.2	328.0 $\pm$ 82.7

*CH+SRJ*: Circuito de Habilidades/Situaciones Reducidas de Juego. *JP+TT*: Juegos de Posesión/Ejercicios Técnico-Tácticos. *TAC*: Entrenamiento Táctico. *ACTV*: Activación Pre-Partido. *FC*: Frecuencia Cardíaca. *TRIMP<sub>MOD</sub>*: Carga Interna de Entrenamiento propuesta por Stagno et al. (2007); *Edwards TL*: Carga Interna de Entrenamiento propuesta por Edwards (1993); *RPE*: Percepción Subjetiva del Esfuerzo (Borg et al., 1987); *sRPE-TL*: Carga de Entrenamiento de la sesión basada en RPE (Foster et al., 2001). \*: Diferencia substancial (se estableció para >75%) vs. otros tipos de sesión; +: Diferencia substancial (se estableció para >75%) vs. Sesiones TAC y ACTV.

El promedio (IC 90%) de las correlaciones individuales entre medidas de CIE derivadas de FC y RPE en los diferentes tipos de sesiones se muestran en la Tabla 7.4. Se encontraron relaciones muy grandes entre Edwards TL - sRPE-TL y entre TRIMP<sub>MOD</sub> - sRPE-TL en las sesiones JP+TT y TAC ( $r = 0.73$  a  $0.87$ ). Las correlaciones entre los diferentes métodos basados en el análisis de la FC fueron extremadamente grandes ( $r = 0.92$  a  $0.98$ ) (Tabla 7.4). El resto de correlaciones fueron insignificantes.

**TABLA 7.3. Promedio (Intervalos de Confianza 90%) de correlaciones individuales entre sRPE-TL y medidas de intensidad de frecuencia cardíaca registrada durante diferentes tipos de sesiones de entrenamiento en futbolistas profesionales.**

Tipos de Sesión	FC Media (%FC <sub>max</sub> )	> 80%FC <sub>max</sub>	> 90%FC <sub>max</sub>
CH + SRJ	- 0.06 (-0.14;0.25)	0.23 (0.04;0.41)	0.11 (-0.09;0.30)
JP + TT	0.12 (-0.08;0.31)	0.61 (0.47;0.72)	0.62 (0.48;0.73)
TAC	0.39 (0.21;0.54)	0.67 (0.55;0.77)	0.68 (0.56;0.77)
ACTV	0.21 (0.02;0.39)	0.34 (0.15;0.50)	0.38 (0.20;0.54)

*CH+SRJ*: Circuito de Habilidades/Situaciones Reducidas de Juego. *JP+TT*: Juegos de Posesión/Ejercicios

Técnico-Tácticos. *TAC*: Entrenamiento Táctico. *ACTV*: Activación Pre-Partido. *FC*: Frecuencia Cardíaca. *sRPE-TL*: Carga de Entrenamiento de la sesión basada en RPE (Foster et al.,2001).

**TABLA 7.4. Promedio (Intervalos de Confianza 90%) de correlaciones individuales entre medidas de carga interna de entrenamiento derivadas de FC y RPE.**

<b>CH + SRJ</b>	TRIMP <sub>MOD</sub>	Edwards TL	sRPE-TL
TRIMP <sub>MOD</sub>	----	0.93 (0.90;0.95)	0.35 (0.17;0.51)
Edwards TL	----	----	0.55 (0.40;0.67)
sRPE-TL	----	----	----
<b>JP + TT</b>	TRIMP <sub>MOD</sub>	Edwards TL	sRPE-TL
TRIMP <sub>MOD</sub>	----	0.93 (0.90;0.95)	0.73 (0.62;0.81)
Edwards TL	----	----	0.87 (0.81;0.91)
sRPE-TL	----	----	----
<b>TAC</b>	TRIMP <sub>MOD</sub>	Edwards TL	sRPE-TL
TRIMP <sub>MOD</sub>	----	0.98 (0.97;0.99)	0.78 (0.69;0.85)
Edwards TL	----	----	0.80 (0.72;0.86)
sRPE-TL	----	----	----
<b>ACTV</b>	TRIMP <sub>MOD</sub>	Edwards TL	sRPE-TL
TRIMP <sub>MOD</sub>	----	0.92 (0.88;0.95)	0.38 (0.20;0.54)
Edwards TL	----	----	0.50 (0.34;0.63)
sRPE-TL	----	----	----

*CH+SRJ*: Circuito de Habilidades/Situaciones Reducidas de Juego. *JP+TT*: Juegos de Posesión/Ejercicios Técnico-Tácticos. *TAC*: Entrenamiento Táctico. *ACTV*: Activación Pre-Partido. *FC*: Frecuencia Cardíaca. *TRIMP<sub>MOD</sub>*: Carga Interna de Entrenamiento propuesta por Stagno et al. (2007); *Edwards TL*: Carga Interna de Entrenamiento propuesta por Edwards (1993); *sRPE-TL*: Carga de Entrenamiento de la sesión basada en RPE (Foster et al., 2001).

## DISCUSIÓN

Una cuidadosa planificación y periodización de los contenidos y sesiones de entrenamiento semanales, es un aspecto importante para mantener el rendimiento durante la larga temporada competitiva en el fútbol profesional. Así, el objetivo del presente estudio fue examinar las cargas internas asociadas con las sesiones de entrenamiento típicamente prescritas durante una semana estándar (con un partido cada 7 días) por los entrenadores profesionales de fútbol. Los resultados obtenidos parecen confirmar que las sesiones de entrenamiento llevadas a cabo al comienzo de la semana fueron caracterizadas por una mayor CIE que las realizadas al final de

la semana (cuando el partido está próximo). Un objetivo secundario fue determinar las relaciones entre diferentes indicadores de CIE, habitualmente empleados en fútbol. El estudio de las relaciones en cada tipo de sesión, reveló una correlaciones de magnitud variable (desde muy grandes hasta pequeñas e insignificantes) entre los métodos basados en el análisis de la FC y sRPE-TL.

Las mediciones de CIE determinadas a partir método sRPE-TL fueron más elevadas para las sesiones CH+SRJ seguidas por JP+TT. Ambos tipos de sesión fueron percibidas por los jugadores como más duras que las sesiones TAC y ACTV (Tabla 7.2). Hay poca literatura disponible que describa la CIE asociada a diferentes tipos de sesiones de entrenamiento en jugadores (masculinos) profesionales de fútbol (Jeong et al., 2011). Jeong et al. (2011), concluyeron que la sesiones de Condición Física ( $7 \pm 1$  ua) resultaron ser de similar intensidad que las sesiones CH+SRJ y JP+TT. Además, los entrenamientos Técnico-Tácticos ( $4 \pm 1$  ua) tuvieron una intensidad inferior que algunas de las sesiones investigadas en el presente estudio. Previamente, Jeong et al. (2011) obtuvieron  $FC_{med}$  para los entrenamientos de Condición Física ( $72 \pm 3\% FC_{max}$ ) similares a los valores obtenidos en nuestro estudio para las sesiones CH+SRJ y JP+TT, aunque con tiempo en la zona  $>90\% FC_{max}$  ( $0.4 \pm 1.0\% FC_{max}$ ) substancialmente inferior. Además, la  $FC_{med}$  en los entrenamientos Técnico-Tácticos ( $60 \pm 5\% FC_{max}$ ) y los entrenamientos Físico y Técnico-Tácticos ( $59 \pm 3\% FC_{max}$ ), y el tiempo empleado en la zona  $>90\% FC_{max}$  ( $0.6 \pm 1\%$  y  $0.2 \pm 1\%$ ) fueron inferiores que los registrados en nuestro estudio para cualquier tipo de sesión (Tabla 7.2).

A pesar de las substanciales diferencias perceptuales entre las sesiones CH+SRJ ( $7.4 \pm 0.7$  ua) y las sesiones JP+TT ( $6.9 \pm 1.4$  ua), no hubo diferencias substanciales en ninguna de las medidas de FC ( $FC_{med}$ , FC pico,  $> 80\% FC_{max}$  ó  $> 90\% FC_{max}$ ) entre ambos tipos de sesión. Sin embargo, la duración media del entrenamiento en CH+SRJ ( $87.1 \pm 11.1$ ) fue substancialmente mayor que en las sesiones JP+TT ( $73.8 \pm 13.5$ ), sugiriendo que sRPE-TL no debería ser considerada como una valoración “pura” de la “intensidad” del entrenamiento, y que la duración del ejercicio tendría que ser también tenida en consideración. Además de estas diferencias entre los valores de RPE y los marcadores de CIE derivados de la FC en estos dos tipos de sesión, hubo una clara tendencia para las sesiones realizadas al comienzo de la semana (CH+SRJ

y JP+TT) a ser caracterizadas por una mayor CIE (RPE y FC) que las sesiones realizadas durante los dos días inmediatamente previos al partido de competición semanal (TAC y ACTV). Esto apoya la idea de los entrenadores, de reducir deliberadamente la carga en los días que preceden al partido (Coutts & Reaburn, 2008; McLean, Coutts, Kelly, McGuigan, & Cormack, 2010).

Un importante hallazgo del presente estudio fue la magnitud variable de las correlaciones individuales entre los diversos marcadores de CIE y la intensidad en las diferentes sesiones de entrenamiento (Tablas 7.3 y 7.4). Un estudio previo (Alexiou & Coutts, 2008) en jugadoras de fútbol encontró correlaciones muy grandes entre sRPE-TL y Edwards TL en Sesiones Técnicas ( $r=0.82$ ), y correlaciones pequeñas entre sRPE-TL y TRIMPS de Banister en Sesiones de Fuerza ( $r=0.25$ ). Los presentes datos muestran que las medidas de intensidad derivadas de la FC (Tabla 7.3) y la CIE (Tabla 7.4) están correlacionadas substancialmente con sRPE-TL en la mayoría, pero no en todas las sesiones de entrenamiento. Curiosamente, las sesiones de entrenamiento percibidas como más duras y con la mayor CIE derivada de la RPE (CH+SRJ), mostraron las correlaciones globales más débiles con las medidas de intensidad de FC (Tabla 7.3) y CIE (Tabla 7.4). Mientras las sesiones JP+TT y TAC mostraron correlaciones grandes y muy grandes con las medidas derivadas de la FC, tanto de intensidad como de CIE. La razón para las pobres correlaciones entre FC-RPE en las sesiones CH+SRJ, indicando respuestas individuales substanciales, comparadas con las sesiones JP+TT y TAC es desconocida. Se podría especular que debido a que las sesiones CH+SRJ son típicamente realizadas ~ 72 h después del último partido, podrían existir importantes diferencias en el grado de recuperación entre los jugadores. Se ha demostrado que 72 h después de un partido de fútbol algunos jugadores pueden todavía tener respuestas fisiológicas, neuromusculares, metabólicas y perceptuales elevadas (superiores a las previas al partido) (Ascensao et al., 2008; Krstrup et al., 2011). Como tanto las sensaciones físicas como mentales de fatiga, cansancio y dolor muscular (Ascensao et al., 2008) pueden influenciar los valores de RPE, tales diferencias entre los jugadores en el estado de recuperación pre-sesión, podrían modificar substancialmente las relaciones entre la carga fisiológica derivada de la sesión y la intensidad de ejercicio percibida por los jugadores. Al contrario, conforme avanza la semana y los jugadores tienen más tiempo para recuperar, el grado de recuperación pre-sesión entre los jugadores



podría ser más uniforme, lo que podría (al menos parcialmente) explicar la mayor magnitud en la correlación entre FC-RPE observada en las sesiones JP+TT y TAC (ambas sesiones son típicamente realizadas entre ~ 86 y 100 horas después del partido, respectivamente). Otra posible explicación para las pobres correlaciones entre FC-RPE en CH+SRJ es que dichas sesiones habitualmente incluyen ejercicios de alta intensidad y corta duración, y particularmente en nuestro caso, alta carga neuromuscular. Estudios previos mostraron que los métodos de valoración de la carga basados en el análisis de la FC reflejan una validez baja para cuantificar este tipo de ejercicio (Impellizzeri et al., 2004) y esto podría ser otra razón de estos resultados.

Otro hallazgo de nuestro estudio fue que las relaciones entre sRPE-TL y TRIMP<sub>MOD</sub> fueron similares a las relaciones entre sRPE-TL y Edwards TL (Tabla 7.4). Se ha sugerido que el método TRIMP<sub>MOD</sub> podría ser más preciso que Edwards TL para estimar la CIE en los deportes de equipo (Stagno et al., 2007). Sin embargo en nuestro estudio, ambos métodos mostraron similares relaciones con sRPE-TL.

## **APLICACIONES PRÁCTICAS**

En resumen, el valor de sRPE-TL mostró una magnitud variable en las relaciones individuales con las medidas de carga e intensidad de entrenamiento derivadas de la FC, durante los diferentes tipos de sesiones de entrenamiento típicamente realizadas durante una semana en fútbol profesional. Se debe tener precaución cuando se utilizan las medidas de intensidad/carga del ejercicio derivadas de la FC o RPE en el entrenamiento de fútbol de forma intercambiable.

Debido al limitado tiempo de entrenamiento y a la necesidad de mantener unos elevados niveles de condición física a lo largo de toda la temporada competitiva en el fútbol contemporáneo, parece fundamental la monitorización de las respuestas fisiológicas y perceptuales a las diferentes sesiones de entrenamiento realizadas durante la semana. Existe una clara tendencia por parte de los entrenadores a realizar sesiones con una mayor carga fisiológica y perceptual al comienzo de la semana de entrenamientos. Sin embargo, en el presente estudio se han encontrado

diferencias substanciales entre los jugadores, en las relaciones perceptuales-fisiológicas en dichas sesiones de mayor carga (CH+SR)). Por lo tanto, hay que tomar precauciones cuando se monitoricen esas sesiones. Por ejemplo, medidas adicionales podrían ser aconsejables en jugadores que muestren resultados de FC y RPE divergentes durante dichas sesiones.

## REFERENCIAS

Akubat, I., Barrett, S., & Abt, G. (2014). Integrating the Internal and External Training Load in Soccer. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(3), 457-462

Alexiou, H., & Coutts, A. J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(3), 320-330.

Ascensao, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L., & Magalhaes, J. (2008). Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clin Biochem*, 41(10-11), 841-851.

Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, 38(1), 37-51.

Banister E.W. (1991). Modeling elite athletic performance. En: Green H.J., McDougal J.D., Wenger H.A., (Eds.), *Physiological Testing of Elite Athletes* (pp. 403– 424). Champaign, Illinois: Human Kinetics.

Batterham, A. M., & Hopkins, W. G. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(1), 50-57.

Borg, G., Hassmen, P., & Lagerstrom, M. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56(6), 679-685.

Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Roman, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *J Strength Cond Res*, 27(2), 369-374.

Coutts, A. J., & Reaburn, P. (2008). Monitoring changes in rugby league players' perceived stress and recovery during intensified training. *Percept Mot Skills*, 106(3), 904-916.

Edwards, S. (1993). High performance training and racing. En: Edwards, S. (Ed.), *The heart rate monitor book* (8th ed., pp. 113-123). Sacramento: Feet Fleet Press.

Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., . . . Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-115.

Hopkins W.G. (2006). Spreadsheets for analysis of controlled trials, with adjustment for a subject characteristics. *SportScience*, 10, 46-50.

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*, 41(1), 3-13.

Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(6), 1042-1047.

Jeong, T. S., Reilly, T., Morton, J., Bae, S. W., & Drust, B. (2011). Quantification of the physiological loading of one week of "pre-season" and one week of "in-season" training in professional soccer players. *J Sports Sci*, 29(11), 1161-1166.

Krustrup, P., Ortenblad, N., Nielsen, J., Nybo, L., Gunnarsson, T. P., Iaia, F. M., . . . Bangsbo, J. (2011). Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *Eur J Appl Physiol*, 111(12), 2987-2995.

Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'Ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 41(11), 2090-2096.

- McLean, B. D., Coutts, A. J., Kelly, V., McGuigan, M. R., & Cormack, S. J. (2010). Neuromuscular, endocrine, and perceptual fatigue responses during different length between-match microcycles in professional rugby league players. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(3), 367-383.
- Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2013). Recovery in soccer: part ii-recovery strategies. *Sports Med*, 43(1), 9-22.
- Rebelo, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., Drust, B., & Krstrup, P. (2012). A new tool to measure training load in soccer training and match play. *Int J Sports Med*, 33(4), 297-304.
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C., & Janse de Jonge, X. A. (2013). A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(2), 195-202.
- Stagno, K. M., Thatcher, R., & van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci*, 25(6), 629-634.
- Suarez-Arrones, L., Arenas, C., Lopez, G., Requena, B., Terrill, O., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Positional differences in match running performance and physical collisions in men rugby sevens. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(2), 316-323.
- Suarez-Arrones, L., Nunez, J., Munguia-Izquierdo, D., Portillo, J., & Mendez-Villanueva, A. (2013). Impact of several matches in a day on physical performance in Rugby Sevens referees. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(5), 496-501.

## **8. Conclusiones generales y aplicaciones prácticas.**

En este apartado se muestran las conclusiones que se han deducido de los estudios realizados, así como las posibles aplicaciones prácticas. Por último, se proponen futuras líneas de investigación, derivadas de los estudios realizados en esta tesis.

### **1. Conclusiones.**

Según la literatura científica especializada, la monitorización de las respuestas físicas y fisiológicas individuales al entrenamiento o a la competición es necesaria para poder controlar la carga de entrenamiento. La información derivada directamente de este proceso, puede tener especial importancia para la prescripción de programas de entrenamiento individualizado y para intentar prevenir procesos de sobreentrenamiento. En este trabajo de tesis doctoral se han aplicado diferentes propuestas de monitorización, como por ejemplo el control de la velocidad de desplazamiento de las cargas para valorar la fuerza muscular, o diferentes propuestas basadas en el análisis de la frecuencia cardíaca (FC) y en la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) para valorar la carga interna de entrenamiento (CIE). A continuación se detallan las conclusiones que se han extraído de esta investigación.

- 1) La combinación de entrenamiento de sprints repetidos con dos métodos diferentes de fuerza muscular (sentadilla completa vs. arrastres con trineo/cambios de dirección con sobrecarga) en futbolistas juveniles, permitió mejorar la velocidad de desplazamiento de diversas cargas en ambos grupos experimentales.
- 2) Debido a que no existieron diferencias significativas en las velocidades de desplazamiento alcanzadas entre grupos experimentales, podemos concluir que las adaptaciones neuromusculares conseguidas por ambas combinaciones de entrenamiento fueron similares.
- 3) Los programas de entrenamiento propuestos al final de la temporada de competiciones, no provocaron mejoras en el rendimiento intermitente y en la capacidad de repetir sprints (RSA).

- 4) El estudio de las relaciones individuales en diferentes tipos de sesión, entre diversos marcadores de intensidad y CIE (basados en el análisis de la FC) y la CIE derivada de la RPE (sRPE-TL), permitió concluir que:
- a. La magnitud de las correlaciones individuales entre los marcadores de intensidad (FC media; >80% FC máxima; > 90% FC máxima) y/o CIE (derivada de la FC), y sRPE-TL en las diferentes sesiones de entrenamiento fue variable, reflejándose las correlaciones más bajas en las sesiones que incluían ejercicios de alta intensidad y corta duración, mientras que las sesiones de entrenamiento con mayor carga aeróbica mostraron las correlaciones más elevadas.
  - b. Las relaciones entre sRPE-TL y TRIMP<sub>MOD</sub> fueron similares a las relaciones entre sRPE-TL y Edwards TL, mostrando de ésta forma que ambos métodos de valoración de la CIE podrían ser igualmente precisos.

## **2. Aplicaciones prácticas.**

### **1) Entrenamiento para la mejora de la RSA.**

La combinación semanal de una única sesión de entrenamiento de sprints repetidos (RSE) con dos sesiones de fuerza parece ser un estímulo suficiente para mantener la RSA y la capacidad de realizar ejercicio intermitente a alta intensidad, pero no para mejorar estas capacidades en el período final de la temporada.

La combinación semanal de RSE con Sentadilla Completa en este período, sí que provoca una mejora estadísticamente significativa en la capacidad de saltar de los futbolistas.

### **2) Valores de referencia de CIE.**

De la investigación realizada, se han obtenido datos de la CIE soportada en diferentes tipos de sesión, que pueden ser utilizados como referencia en la

programación y planificación del entrenamiento con futbolistas profesionales. A continuación se detallan los valores obtenidos en cada tipo de sesión:

- a. Las sesiones circuito de habilidades + situaciones reducidas de juego (CH+SRJ), realizadas el primer día de la semana tras el día de descanso, se caracterizan por ser las de mayor duración ( $87.0 \pm 11.1$  min), percepción del esfuerzo ( $7.4 \pm 0.7$  ua) y CIE derivada tanto de la FC ( $\text{TRIMP}_{\text{MOD}}$ :  $132.9 \pm 34.7$  ua; Edwards TL:  $226.2 \pm 37.5$  ua) como de la RPE ( $642.4 \pm 108.6$  ua).
- b. Las sesiones juego de posesión + entrenamiento técnico-táctico (JP+TT), realizadas el día posterior a CH+SRJ, tuvieron una duración de  $73.8 \pm 13.5$  min y fueron percibidas por los jugadores como más duras ( $6.9 \pm 1.4$  ua) que las sesiones realizadas en la última parte de la semana (TAC y ACTV). Del mismo modo, tuvieron una CIE superior ( $\text{TRIMP}_{\text{MOD}}$ :  $119.6 \pm 38.6$  ua; Edwards TL:  $197.7 \pm 47.1$  ua; sRPE-TL:  $516.8 \pm 178.0$  ua) a dichas sesiones.
- c. Las sesiones de entrenaimeinto táctico (TAC) se caracterizaron por una duración inferior a las sesiones CH+SRJ ( $74.2 \pm 11.4$  min), y además fueron percibidas por los jugadores como menos duras ( $4.8 \pm 1.7$  ua) que las sesiones CH+SRJ y JP+TT. También tuvieron una CIE inferior a los citados tipos de sesión ( $\text{TRIMP}_{\text{MOD}}$ :  $85.1 \pm 37.6$  ua; Edwards TL:  $166.0 \pm 51.4$  ua; sRPE-TL:  $370.5 \pm 182.0$  ua).
- d. Las sesiones activación pre-partido (ACTV), realizadas el último día de la semana (previo a la competición), tuvieron una duración inferior a las sesiones CH+SRJ ( $72.7 \pm 8.1$  min), y fueron percibidas también como menos duras ( $4.5 \pm 0.9$  ua) que las sesiones CH+SRJ y JP+TT. La CIE soportada en estas sesiones, también fue inferior a las sesiones anteriormente citadas ( $\text{TRIMP}_{\text{MOD}}$ :  $73.6 \pm 22.3$  ua; Edwards TL:  $156.2 \pm 30.2$  ua; sRPE-TL:  $328.0 \pm 82.7$  ua)

Estos valores de referencia podrían ser utilizados por entrenadores y preparadores físicos de fútbol para realizar una predicción de la CIE que sería soportada por los futbolistas en cada sesión de entrenamiento y/o microciclo. El análisis de las diferencias entre la carga prevista y la carga finalmente soportada puede tener especial importancia y utilidad en la planificación y periodización del

entrenamiento. Los datos obtenidos de dicho análisis podrían ayudar a individualizar el entrenamiento, evitar procesos de sobreentrenamiento y por último conseguir los efectos de entrenamiento deseados.

3) Recomendación de valoraciones de carga adicionales.

- a. Debido a la magnitud variable en las relaciones individuales entre sRPE-TL y las medidas de carga e intensidad de entrenamiento derivadas de la FC durante los diferentes tipos de sesiones de entrenamiento típicamente realizadas durante una semana en fútbol profesional, se debería tener precaución al utilizar dichas medidas de intensidad/carga del ejercicio derivadas de la FC o RPE en el entrenamiento de fútbol de forma intercambiable.
- b. Serían recomendables medidas adicionales en jugadores que muestren resultados de FC y RPE divergentes, especialmente en las sesiones de mayor carga (CH+SRJ), dadas las diferencias substanciales en las relaciones individuales perceptuales – fisiológicas halladas en dichas sesiones, y que podrían llevar a interpretaciones erróneas.

### **3. Futuras líneas de investigación.**

1) Entrenamiento para la mejora de la RSA.

Teniendo en cuenta los resultados de esta investigación, y las recomendaciones de investigaciones previas para la mejora de la RSA (combinar diferentes formas de entrenamiento: entrenamiento específico de sprint, entrenamiento de fuerza-potencia, entrenamiento interválico de alta intensidad y/o entrenamiento de sprints repetidos) sería interesante estudiar el efecto de otras propuestas que combinen las citadas formas de entrenamiento, sobre la RSA.

Además, los protocolos estudiados podrían dar lugar a resultados diferentes en función del período de la temporada en que se realicen. En nuestro estudio, la implementación de las rutinas programadas no logró mejorar la RSA en la fase final



del período de competiciones. Por ello podría ser interesante repetir el estudio durante la pretemporada o en la fase inicial del período de competiciones. Los resultados obtenidos, ayudarían a aclarar qué influencia tiene el período de la temporada en que se implementan los protocolos establecidos, en las adaptaciones finalmente conseguidas.

## 2) Valoración de la CIE.

Ha quedado clara en nuestra investigación la influencia del contenido de la sesión (tipo de sesión) en las relaciones entre marcadores de intensidad y CIE derivados de la FC y la RPE. Además, se han obtenido valores de referencia de la CIE soportada en diferentes tipos de sesión. Sin embargo, estos datos no aportan información sobre el efecto de la implementación de los diferentes tipos de sesiones analizadas, sobre la condición física o el rendimiento.

Uno de los grandes objetivos en la monitorización de la carga de entrenamiento ha de ser estudiar las relaciones *Dose-Response*, con el objetivo de determinar la dosis de entrenamiento necesaria para alcanzar mejoras tanto en la condición física como en el rendimiento. Sin embargo, en nuestro estudio no se pudieron analizar las relaciones *Dose-Response* durante la típica semana competitiva (1 partido cada 7 días) por la ausencia de valoraciones de la condición física y/o rendimiento. Futuras investigaciones podrían ayudar a establecer la dosis de entrenamiento adecuada para alcanzar un elevado nivel de rendimiento físico cuando se suceden los típicos microciclos competitivos a lo largo del período de competiciones.



## **9. Otras aportaciones científicas derivadas directamente de la tesis**

En este apartado, se incluyen dos estudios derivados de la Tesis, que se encuentran en proceso de revisión en revistas españolas indexadas en SCOPUS.

### **9.1. Comparación de la respuesta de la frecuencia cardíaca entre partidos amistosos y un juego de posición en jugadores profesionales de fútbol**

#### **INTRODUCCIÓN**

El fútbol es un deporte dependiente del metabolismo aeróbico y anaeróbico, en el cual la intensidad de trabajo media en partidos de competición se sitúa entre el 80 y el 90% de la frecuencia cardíaca máxima (FCmax), próxima al umbral anaeróbico (Dellal et al., 2012a; Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005). Para hacer frente a estas demandas fisiológicas, los futbolistas necesitarán un alto nivel de condición física (Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009) y el desarrollo de una combinación específica de fuerza, velocidad y resistencia (Desgorces, Senegas, Garcia, Decker, & Noirez, 2007).

En los últimos años se ha avanzado sustancialmente en el conocimiento de la respuesta fisiológica de los futbolistas ante el entrenamiento interválico de alta intensidad (EIAI) en sus diferentes versiones. La propuesta más tradicional (Stone & Kilding, 2009) mediante series de carrera de intervalos largos (4 x 4 min al 90-95% de la FCmax) (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001) y, una propuesta más específica, llevada a cabo mediante la realización circuitos de habilidades (Hoff, Wisloff, Engen, Kemi, & Helgerud, 2002; Sporis, Ruzic, & Leko, 2008) o a través de situaciones de juego reducido (JR) (Impellizzeri et al., 2006). Estos estudios previos confirman al EIAI como una propuesta metodológica de entrenamiento muy interesante en fútbol, que permitirá al jugador soportar las demandas físicas de la propia competición (Iaia et al., 2009).

Dentro de los posibles beneficios de incluir los JR en las rutinas de entrenamiento, se puede destacar su potencial para replicar aspectos tácticos que suceden en la

competición junto con la mejora de la condición física (Fradua et al., 2013), o que este tipo de tareas pueden permitir poner en práctica el modelo de juego (Tamarit, 2007). Los preparadores físicos y científicos del deporte tienen un importante rol en el diseño de los JR, con el objetivo de intentar reproducir en ellos las demandas físico-fisiológicas soportadas durante la competición, asegurando de esta forma la especificidad del entrenamiento (Reilly, Morris, & Whyte, 2009). Sin embargo, sigue siendo muy discutible que ejercicios específicos como los JR proporcionen una intensidad de ejercicio suficientemente unificada para que todos los jugadores reciban un estímulo de entrenamiento apropiado e individualizado (Little & Williams, 2006). En base a esto, los objetivos del presente estudio fueron: 1) Comparar en futbolistas profesionales la respuesta de la FC entre partidos amistosos (PA) y un JR con implicaciones tácticas (juego de posición), y 2) comprobar si el JR proporciona una carga interna (CI) unificada, que asegure a la mayoría de jugadores recibir un estímulo de entrenamiento apropiado y similar.

## **MÉTODO**

### **Participantes**

Los participantes fueron 10 jugadores profesionales de fútbol: cinco defensas, cuatro centrocampistas y un delantero (edad:  $28.9 \pm 3.6$  años; altura:  $178.1 \pm 4.6$  m; peso:  $76.1 \pm 5.3$  kg; sumatorio de seis pliegues:  $44.8 \pm 12.1$  mm; % grasa (Faulkner):  $10.44 \pm 1.45$ ). Todos los jugadores pertenecían al mismo equipo, el cuál competía en la 2ª División de la liga de fútbol española (Liga Adelante), y tenían una experiencia media en el fútbol profesional de  $\sim 7.5$  años. Todos los sujetos fueron informados previamente sobre el objetivo del estudio, tipo de pruebas a las que se someterían, y nos proporcionaron su consentimiento informado firmado siguiendo las indicaciones de la Declaración de Helsinki.

### **Diseño Experimental**

El estudio se llevó a cabo durante un período de cinco semanas en la pretemporada. Durante todo este período el equipo realizó entre cinco y nueve entrenamientos, y

entre cero y dos partidos amistosos semanales. Las sesiones de entrenamiento tuvieron una duración aproximada de 90 min. Durante la primera semana, se efectuaron valoraciones antropométricas y se evaluó el rendimiento intermitente a través del Test Yo-Yo de Recuperación Intermitente Nivel-1 (Yo-YoIR1) (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008), también con el objetivo de determinar la frecuencia cardiaca máxima ( $FC_{max}$ ) de los jugadores (Bangsbo et al., 2008). Para ello, durante el Yo-YoIR1 se monitorizó a cada jugador con un pulsómetro (Polar Team 2®, Polar Electro Oy, Finland). La  $FC_{max}$  a la conclusión del mismo fue registrada ( $183.2 \pm 5.4$ ), así como la distancia total recorrida incluyendo el último período completado por cada jugador ( $2529 \pm 333$  m). Un total de cinco partidos amistosos (PA) y tres sesiones de JR fueron monitorizados durante el periodo objeto de estudio.

#### **- Cuantificación de la carga interna**

Se monitorizó a los jugadores a través de un pulsómetro (*Polar Team 2®, Polar Electro Oy, Finland*) durante los PA y las diferentes sesiones de JR evaluadas. La CI se cuantificó siguiendo la propuesta de Stagno, Thatcher y Van Someren (2007) ( $TRIMP_{MOD}$ ), la cual según estos autores parece ser más específica para los deportes colectivos de naturaleza intermitente. Para ello, se establecieron 5 zonas de intensidad gracias al factor de ponderación obtenido al estudiar la relación entre la elevación fraccional de la FC y la concentración de lactato, determinándose la CI al calcular el resultado del producto de la duración del entrenamiento acumulado (min) en cada una de las zonas, por el factor de ponderación de cada zona: (93-100%  $FC_{max}=5.16$ ; 86-92%  $FC_{max}=3.61$ ; 79-85%  $FC_{max}=2.54$ ; 72-78%  $FC_{max}=1.71$ ; 65-71%  $FC_{max}=1.25$ ), para después sumar todos los resultados.

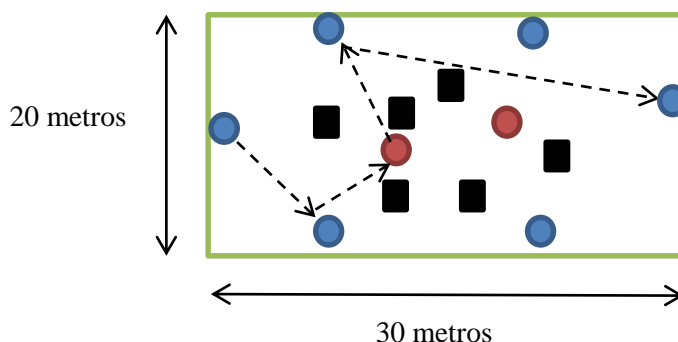
#### **- Partidos Amistosos**

Un total de cinco PA se jugaron durante el período experimental, en similar hora del día (tarde-noche) y en superficie de césped natural. El primer PA se jugó ante un rival de menor nivel competitivo (semi-profesional), mientras que los siguientes cuatro ante rivales de similar entidad (profesionales). Al tratarse de partidos

amistosos durante los cuales se realizan diversos cambios, solamente se analizó los primeros ~ 45 min de la participación que los jugadores tuvieron en el partido (ya sea en la primera o en la segunda parte). Con el objetivo de poder realizar comparaciones con la CI de los JR, los  $TRIMP_{MOD}$  en los PA fueron relativizados al tiempo ( $TRIMP_{MOD}/min$ ), estableciendo así un valor de CI relativa por cada minuto de actividad ( $CI_R$ ).

#### - Situaciones de Juegos Reducidos: Juego de Posición

Un total de tres sesiones de JR fueron monitorizadas en semanas diferentes durante el período experimental. Todas las sesiones fueron realizadas por la mañana en campo de césped natural, y todos los jugadores incluidos en el estudio completaron las tres sesiones. Cada sesión de JR era precedida de 25 min de calentamiento específico, tras el cual se realizaron 3 series de 8 min del JR con 2 min de recuperación pasiva entre series, donde los jugadores podían beber agua a voluntad. El JR tuvo importantes implicaciones tácticas, tratándose de un juego de posición (Cano, 2012) con 6 jugadores por equipo y 2 jugadores neutrales en un espacio de 30x20 m (Figura 9.1.1). Ninguno de los jugadores incluidos en el estudio participó como neutral. El área individual de juego (Casamichana & Castellano, 2010) fue bastante reducida ( $42.8 \text{ m}^2/\text{jugador}$ ), con el objetivo de intentar dificultar las demandas espacio temporales (Fradua et al., 2013).



**Figura 9.1.1.** Juego de posición 6 vs. 6 + 2 neutrales

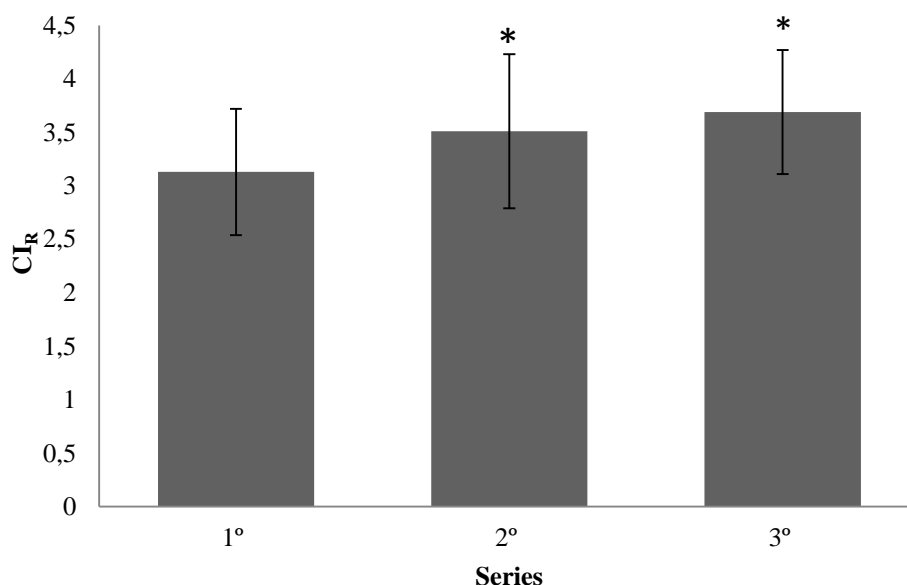
Las premisas tácticas para los jugadores fueron las siguientes: juego a dos toques, en ataque los jugadores inician desde zonas preestablecidas y el objetivo es trasladar el balón de un lado al otro ayudándose de algún jugador neutral mediante triangulaciones, y en defensa se incidió en la presión colectiva. Con el objetivo de poder realizar comparaciones con la CI de los PA, el valor de  $TRIMP_{MOD}$  de cada serie del juego de posición fue relativizado al tiempo ( $TRIMP_{MOD}/min$ ), estableciendo así un valor de  $CI_R$  por cada minuto de actividad.

### **Análisis Estadístico**

Los datos son presentados como medias  $\pm$  desviaciones estándar (DE). La diferencias entre las distintas series de JR, entre los PA, y entre la  $CI_R$  de los JR y los PA, fueron determinados a través de un ANOVA de medidas repetidas o un Student's t-test de muestras relacionadas (SPSS 20.0, Chicago, USA) con una precisión en los intervalos de confianza del 90%. El tamaño del efecto (TE) fue también determinado, y las inferencias basadas en las magnitudes fueron empleadas para determinar las siguientes probabilidades cualitativas (Batterham & Hopkins, 2006; Hopkins, Marshall, Batterham, & Hanin, 2009): <1%; casi seguro que no, <5%; muy improbable, <25%; improbable, 25–75%; posible, >75%; probable, >95%; muy probable, >99%; casi seguro. Un efecto sustancial fue determinado al >75% (Aughey, 2011; Jennings, Cormack, Coutts, & Aughey, 2012; Suarez-Arrones et al., 2014). El coeficiente de correlación de Pearson (CC) y el coeficiente de correlación intraclase (CCI) fue usado para examinar las relaciones entre los  $TRIMP_{MOD}/min$  durante las sesiones de JR y durante los partidos. Los valores de umbral para caracterizar las correlaciones fueron pequeña (0.1 – 0.2), moderada (0.3 – 0.4), grande (0.5 – 0.6), muy grande (0.7 – 0.8) y extremadamente grande ( $\geq 0.9$ ) (Hopkins et al., 2009).

## RESULTADOS

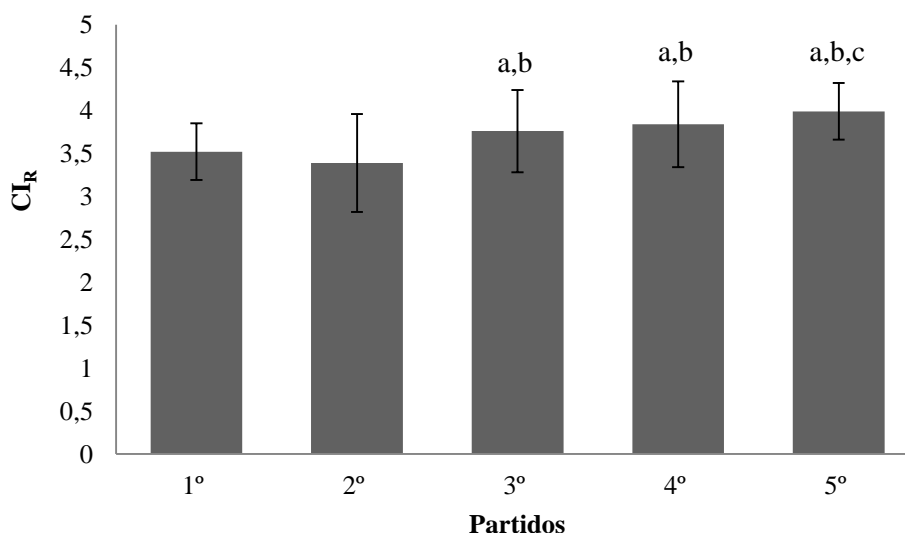
La  $CI_R$  durante las series de JR se muestra en la Figura 9.1.2. Esta  $CI_R$  fue sustancialmente mayor en los jugadores durante la 2ª y 3ª serie en comparación con la primera (+10.8 y +15.2%, respectivamente) (Figura 9.1.2).



**Figura 9.1.2.**  $CI_R$  (TRIMPMOD/min) durante las 3 series del juego de posición;  
\* Diferencias sustanciales respecto a la primera serie.

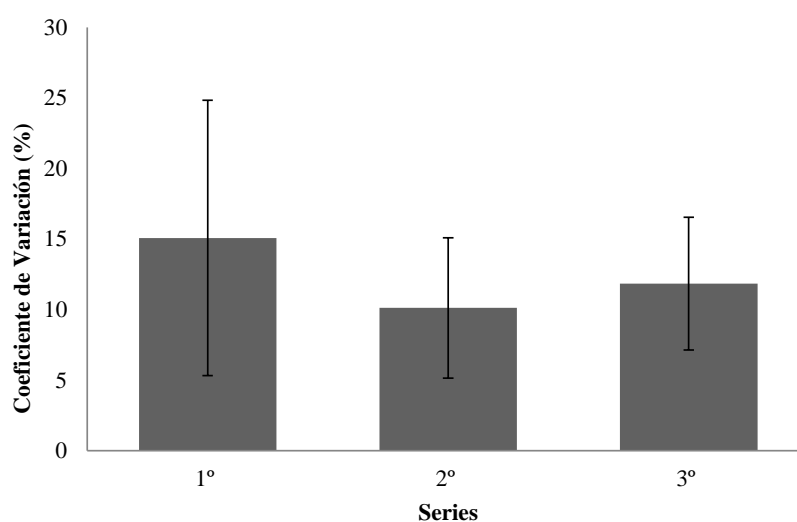
La  $CI_R$  durante los PA se muestra en la Figura 9.1.3. La  $CI_R$  durante los 3 últimos partidos fue sustancialmente mayor a la de los 2 primeros (+6.4%, +8.3% y +11.8% respectivamente, en comparación con el 1º partido) (+9.8%, +11.7% y +15.0% respectivamente, en comparación con el 2º partido). La  $CI_R$  durante el 5º y último partido también fue sustancialmente mayor a la del 3º (+5.7%) (Figura 9.1.3).





**Figura 9.1.3.** CI<sub>R</sub> (TRIMP<sub>MOD</sub>/min) durante los 5 partidos amistosos. a: diferencias sustanciales respecto al 1º partido, b: diferencias sustanciales respecto al 2º partido, c: diferencias sustanciales respecto al 3º partido).

La CI<sub>R</sub> monitorizada en los PA fue sustancialmente mayor a la CI<sub>R</sub> de las 3 series de JR ( $3.75 \pm 0.45$  vs  $3.44 \pm 0.61$  TRIMP<sub>MOD</sub>/min, respectivamente). No existieron diferencias entre el coeficiente de variación (CV) a lo largo de las diferentes series de JR y el CV de los 5 partidos analizados ( $12.35 \pm 4.62\%$  vs  $11.13 \pm 2.56\%$ , respectivamente). Tampoco hubo diferencias significativas entre los CV que reflejaron las 3 series de JR durante las 3 sesiones monitorizadas (Figura 9.1.4).



**Figura 9.1.4.** Coeficiente de variación de las 3 series del juego de posición, cuantificadas a lo largo de 3 entrenamientos.

Existieron grandes y significativas relaciones entre los  $\text{TRIMP}_{\text{MOD}}/\text{min}$  obtenidos en las sesiones de JR y los registrados durante el transcurso de los 5 partidos (CC: 0.61 [0.09 a 0.87] y CCI: 0.62 [0.15 a 0.86]).

## DISCUSIÓN

Los objetivos del presente estudio fueron 1) comparar en futbolistas profesionales la  $\text{CI}_R$  entre PA y un JR con implicaciones tácticas, y 2) comprobar si el JR proporciona una CI unificada que asegure a los jugadores recibir un estímulo de entrenamiento equivalente al de la competición y similar entre ellos. Los principales hallazgos del estudio evidenciaron una mayor  $\text{CI}_R$  para los PA en comparación con los JR, existiendo una variabilidad inter-sujeto similar entre ambos.

Previas investigaciones realizadas con jugadores profesionales han estudiado la respuesta de la FC durante PA (Dellal et al., 2012c; Edwards & Clark, 2006; Eniseler, 2005) y en diferentes propuestas de JR (Dellal et al., 2008; Kelly & Drust, 2009), pero son muy pocos los estudios que comparan las demandas fisiológicas entre JR y la competición en un mismo grupo de jugadores (San Román-Quintana, Casamichana, Castellano, & Calleja-González, 2014). Rodrigues et al. (2007) contrastaron la intensidad fisiológica de JR 8 vs. 8 con partidos de competición oficial en jugadores sub-17, sin encontrar diferencias significativas entre ambas situaciones (79.0 vs. 84.0 % $\text{FC}_{\text{max}}$ , respectivamente). Fontes et al. (2007) en su estudio, también compararon la intensidad fisiológica de JR (no especifican su propuesta) con práctica de juego real en jugadores profesionales, de nuevo sin encontrar diferencias significativas entre ellas (77.7 vs. 79.6 % $\text{FC}_{\text{max}}$ , respectivamente). Por el contrario, Dellal et al. (2012 c) compararon las demandas físicas, técnicas y fisiológicas de JR 4 vs. 4 con PA en jugadores profesionales, obteniendo respuestas de FC significativamente superiores durante el JR que durante la competición (87.6 vs. 83.2 % $\text{FC}_{\text{max}}$ , respectivamente). En nuestro caso, a diferencia de los citados estudios donde se expone la intensidad en función de la FC media del ejercicio (% $\text{FC}_{\text{max}}$ ), hemos optado por una propuesta de cuantificación de la CI (Stagno et al., 2007) basada en el tiempo que el jugador permanece en diferentes zonas de intensidad, también a través de la respuesta de la FC. Los resultados obtenidos en nuestro

estudio mostraron una mayor  $CI_R$  en los minutos registrados durante los PA frente a las series de juego de posición (3.75 vs. 3.44  $TRIMP_{MOD}/min$ , respectivamente), evidenciando en nuestro caso la falta de potencial del juego de posición con orientaciones tácticas para simular las demandas fisiológicas propias de la competición.

La FC a lo largo de las series en el juego de posición manifestó una tendencia a incrementarse gradualmente, al igual que en previas investigaciones (Dellal, Drust, & Lago-Penas, 2012 b; Dellal, Lago-Penas, Wong del, & Chamari, 2011; Kelly & Drust, 2009), evidenciando que la primera serie de trabajo podría estar asociada a un incremento gradual de la FC hasta situarse en los niveles requeridos para el estímulo de entrenamiento aeróbico (Kelly & Drust, 2009). A pesar de ese incremento gradual de la intensidad a lo largo de las series, los valores de  $CI_R$  alcanzados en la última serie aún fueron inferiores a los promediados en los PA (3.69 vs. 3.75  $TRIMP_{MOD}/min$ , respectivamente). Un objetivo fundamental de los entrenadores es intentar desarrollar métodos de entrenamiento que sean capaces de replicar los requerimientos de la competición incluyendo tanto los requerimientos técnico-tácticos como los físicos y fisiológicos (Dellal et al., 2012 b). En nuestro caso, nos centramos únicamente en valorar los requerimientos fisiológicos, manifestando los resultados de nuestro estudio que el juego de posición planteado no replicó del todo las demandas fisiológicas a las que los jugadores se someten en la competición, sobre todo si lo comparamos con los 2-3 últimos PA disputados (3.69 vs. 3.92  $TRIMP_{MOD}/min$ , respectivamente), los más cercanos al inicio de la competición, pudiendo ser incluso superiores estas diferencias si lo contrastásemos con partidos oficiales competitivos.

La variabilidad inter-sujeto (CV) en la respuesta de la FC al juego de posición (~12%) fue similar a la manifestada en los PA (~11%), y a la reflejada en estudios previos (11.8%) en los que se analizaron diferentes propuestas de JR (Dellal et al., 2008). Sin embargo, a pesar de que esta variabilidad fisiológica es similar a la de los PA, parece demasiado elevada como para proporcionar a los jugadores una CI de entrenamiento suficientemente unificada, que asegure a la mayoría de jugadores recibir un estímulo de entrenamiento similar. Otras investigaciones han manifestado una menor variabilidad en las repuestas fisiológicas a los JR, con CV

entre 1.0-2.8% para propuestas que progresaban desde 2 vs. 2 hasta 8 vs. 8 (Little & Williams, 2006), o de 1.9-4.4% (Hill-Haas, Coutts, Rowsell, & Dawson, 2008) para JR que progresaban desde 2 vs. 2 hasta 6 vs. 6. Los mayores condicionantes tácticos del juego de posición empleado en nuestro trabajo, junto con la menor área individual de juego respecto a los citados estudios, podrían justificar esta menor homogeneidad en la respuesta de la FC.

El análisis de la respuesta de la FC en el JR y en los PA permitió estudiar las relaciones entre ambas situaciones, reflejando nuestros resultados grandes y significativas correlaciones entre la  $CI_R$  del juego de posición y la de los partidos (CC: 0.61 y CCI: 0.62). Estos resultados revelarían que jugadores que durante los PA soportan una  $CI_R$  más elevada, lo harían de similar forma en el juego de posición y viceversa, evidenciando que ambas propuestas presentan elementos comunes en su diseño, que condicionan la respuesta fisiológica individual. A nivel general, la respuesta de la FC es dependiente de la edad, género, y nivel de condición física de los jugadores (Dellal et al., 2012 a). Además, de forma externa, también podría verse afectada por el tipo de movimiento realizado (Bloomfield, Polman, & O'Donoghue, 2007), por la velocidad de desplazamiento, por la situación de juego en que se encuentre el jugador (Garcia Garcia, Rial Boubeta, & Real Deus, 2012), e incluso por factores psicológicos (Helsen & Bultynck, 2004). Todas estas variables deberían ser tenidas en cuenta en el diseño de los JR, con el objetivo de conseguir las respuestas fisiológicas deseadas. Sería interesante en próximas investigaciones estudiar y comparar además, la carga externa soportada en el juego de posición y PA, con el objetivo de tener un mayor grado de conocimiento de las acciones físicas que condicionan determinadas respuestas fisiológicas en ambas situaciones.

### **APLICACIONES PRÁCTICAS**

Debido al escaso tiempo de trabajo del que disponen los entrenadores, es aconsejable que cada estímulo y cada tarea de entrenamiento consigan alcanzar el mayor número de objetivos técnico-tácticos, físicos o psicológicos. Los requerimientos técnico-tácticos y físico-fisiológicos de la competición, pueden ser la

referencia más válida para que entrenadores y preparadores físicos diseñen tareas de entrenamiento, que aseguren mejoras en el rendimiento de los jugadores.

El juego de posición de 6 vs. 6 + 2 realizado en un área individual de juego reducida, y con importantes implicaciones tácticas, demanda una CIR sustancialmente inferior a la soportada en la competición. Por tanto, a pesar de su innegable riqueza técnico-táctica, no parece éste JR un estímulo de entrenamiento adecuado para replicar las demandas fisiológicas de las fases más intensas de la competición. Además, la elevada variabilidad en la respuesta fisiológica al JR, podría desaconsejar su uso para proporcionar a los jugadores una CI suficientemente unificada, que asegure a la mayoría de jugadores recibir un estímulo de entrenamiento apropiado y similar.

## REFERENCIAS

Aughey, R. J. (2011). Increased high-intensity activity in elite Australian football finals matches. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3), 367-379.

Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, 38(1), 37-51.

Batterham, A. M., & Hopkins, W. G. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform*, 1(1), 50-57.

Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. *J Sports Sci Med*, 6(1), 63-70.

Cano, O. (2012). El juego de posición del F.C. Barcelona. Concepto y entrenamiento. Pontevedra: McSports.

Casamichana, D., & Castellano, J. (2010). Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: effects of pitch size. *J Sports Sci*, 28(14), 1615-1623.

Dellal, A., Chamari, K., Pintus, A., Girard, O., Cotte, T., & Keller, D. (2008). Heart rate responses during small-sided games and short intermittent running training in elite soccer players: a comparative study. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1449-1457.

Dellal, A., Lago-Penas, C., Wong del, P., & Chamari, K. (2011). Effect of the number of ball contacts within bouts of 4 vs. 4 small-sided soccer games. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3), 322-333.

Dellal, A., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong del, P., Natali, A. J., De Lima, J. R., . . . Karim, C. (2012a). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2890-2906.

Dellal, A., Drust, B., & Lago-Penas, C. (2012b). Variation of activity demands in small-sided soccer games. *Int J Sports Med*, 33(5), 370-375.

Dellal, A., Owen, A., Wong, D. P., Krusturup, P., van Exsel, M., & Mallo, J. (2012c). Technical and physical demands of small vs. large sided games in relation to playing position in elite soccer. *Hum Mov Sci*, 31(4), 957-969.

Desgorces, F. D., Senegas, X., Garcia, J., Decker, L., & Noirez, P. (2007). Methods to quantify intermittent exercises. *Appl Physiol Nutr Metab*, 32(4), 762-769.

Edwards, A. M., & Clark, N. A. (2006). Thermoregulatory observations in soccer match play: professional and recreational level applications using an intestinal pill system to measure core temperature. *Br J Sports Med*, 40(2), 133-138.

Eniseler, N. (2005). Heart rate and blood lactate concentrations as predictors of physiological load on elite soccer players during various soccer training activities. *J Strength Cond Res*, 19(4), 799-804.

Fontes, M.; Mortimer, L.; Condessa, L.; García, A.; Szmuchrowsli, L. & García, E. (2007). Intensity of four types of elite soccer training sessions. *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 6(supl.10), 82.

Fradua, L., Zubillaga, A., Caro, O., Ivan Fernandez-Garcia, A., Ruiz-Ruiz, C., & Tenga, A. (2013). Designing small-sided games for training tactical aspects in soccer:

extrapolating pitch sizes from full-size professional matches. *J Sports Sci*, 31(6), 573-581.

Garcia Garcia, O., Rial Boubeta, A., & Real Deus, E. (2012). Using heart rate to detect high-intensity efforts during professional soccer competition. *J Strength Cond Res*, 26(8), 2058-2064.

Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931.

Helsen, W., & Bultynck, J. B. (2004). Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *J Sports Sci*, 22(2), 179-189.

Hill-Haas, S., Coutts, A., Rowsell, G., & Dawson, B. (2008). Variability of acute physiological responses and performance profiles of youth soccer players in small-sided games. *J Sci Med Sport*, 11(5), 487-490.

Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med*, 36(3), 218-221.

Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*, 41(1), 3-13.

Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.

Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*, 27(6), 483-492.

Jennings, D., Cormack, S. J., Coutts, A. J., & Aughey, R. J. (2012). GPS analysis of an international field hockey tournament. *Int J Sports Physiol Perform*, 7(3), 224-231.

Kelly, D. M., & Drust, B. (2009). The effect of pitch dimensions on heart rate responses and technical demands of small-sided soccer games in elite players. *J Sci Med Sport*, 12(4), 475-479.

Little, T., & Williams, A. G. (2006). Suitability of soccer training drills for endurance training. *J Strength Cond Res*, 20(2), 316-319.

Reilly, T., Morris, T., & Whyte, G. (2009). The specificity of training prescription and physiological assessment: a review. *J Sports Sci*, 27(6), 575-589.

Rodrigues, V.; Mortimer, L.; Condessa, L.; Coelho, D.; Soares, D.; García, E. (2007). Exercise intensity in training sessions and official games in soccer. *Journal of Sports Sciences and Medicine*, 6(Supl.10), 57-58.

San Román-Quintana, J.; Casamichana, D.; Castellano, J.; Calleja-González, J. (2014). Comparativa del perfil físico y fisiológico de los juegos reducidos vs partidos de competición en fútbol. *Journal of Sport and Health Research*. 6(1):19-28.

Sporis, G., Ruzic, L., & Leko, G. (2008). The anaerobic endurance of elite soccer players improved after a high-intensity training intervention in the 8-week conditioning program. *J Strength Cond Res*, 22(2), 559-566.

Stagno, K. M., Thatcher, R., & van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci*, 25(6), 629-634.

Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.

Stone, N. M., & Kilding, A. E. (2009). Aerobic conditioning for team sport athletes. *Sports Med*, 39(8), 615-642.

Suarez-Arrones, L., Arenas, C., Lopez, G., Requena, B., Terrill, O., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Positional differences in match running performance and physical collisions in men rugby sevens. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(2), 316-323.

Tamarit, X. (2007). ¿Qué es la "Periodización Táctica"? Vivenciar el "juego" para condicionar el juego. Pontevedra: MC Sports.



## **9.2. Situaciones medianas de juego en fútbol. Respuestas físicas y fisiológicas a lo largo de sucesivos períodos de trabajo**

### **INTRODUCCIÓN**

Las situaciones reducidas de juego (SRJ) son uno de los ejercicios más frecuentemente utilizados por los entrenadores de fútbol (Rampinini et al., 2007) debido a su capacidad para desarrollar las habilidades técnico-tácticas de los jugadores (Dellal et al., 2012a), y para mejorar tanto la resistencia aeróbica (Impellizzeri et al., 2006) como la capacidad de realizar ejercicio intermitente a elevada intensidad (Hill-Haas, Coutts, Rowsell, & Dawson, 2009a). No obstante, la respuesta físico-fisiológica de los jugadores ante este tipo de tareas está condicionada por la manipulación de determinadas variables (Dellal, Drust, & Lago-Penas, 2012b). Numerosas investigaciones en los últimos años han estudiado la respuesta a la manipulación de algunas variables en el diseño de las SRJ, como por ejemplo el número de jugadores participantes (Castellano, Casamichana, & Dellal, 2013; Dellal, Jannault, Lopez-Segovia, & Pialoux, 2011a; Hill-Haas, Dawson, Coutts, & Rowsell, 2009b), el tamaño del terreno de juego (Casamichana & Castellano, 2010; Kelly & Drust, 2009) o la presencia o ausencia de porterías reglamentarias y porteros (Castellano, Casamichana, & Dellal, 2013).

Diversas investigaciones han analizado las demandas fisiológicas (Little & Williams, 2006; Rampinini et al., 2007) y físico-fisiológicas (Hill-Haas et al., 2009b; Owen, Wong, Paul, & Dellal, 2013) de SRJ en las que participan 6 jugadores por equipo, comparándolas con otras SRJ con distinto número de jugadores participantes. Durante este tipo de tareas, clasificadas por algunos autores como situaciones medianas de juego (SMJ) (Owen et al., 2013) parece ser que no se consiguen alcanzar valores de Frecuencia Cardíaca (FC) tan elevados como en SRJ donde participan un menor número de jugadores (Hill-Haas et al., 2009b; Little & Williams, 2007; Rampinini et al., 2007). Sin embargo, las SMJ podrían ser utilizadas por los entrenadores de forma preferente, para mejorar aspectos técnico tácticos (Owen et al., 2013) como por ejemplo el desarrollo del modelo de juego del equipo. Éste objetivo podría quedar limitado en las SRJ en las que participan menos de 5 jugadores por equipo, al no existir en éstas puestos específicos o líneas. Esto situaría

a las SMJ como las tareas más interesantes para desarrollar de forma simultánea objetivos físico-técnicos y táctico-estratégicos.

Investigaciones previas han demostrado como la manipulación de otras variables como el tamaño del terreno de juego (Casamichana & Castellano, 2010) y la modificación de otras reglas (Castellano et al., 2013) podrían alterar significativamente tanto los valores de FC como los patrones de movimiento de las tareas con igual número de jugadores participantes. Por tanto, estas variables deberían ser tenidas en cuenta por parte de entrenadores y preparadores físicos en el diseño de sesiones de entrenamiento mediante SMJ, sin olvidar otras como el número de períodos de juego propuestos, ya que las demandas físico-fisiológicas podrían variar a lo largo de dichos períodos en los entrenamientos de SRJ (Dellal et al., 2012b).

Los objetivos de la investigación fueron (i) comparar las demandas físicas y fisiológicas en 3 SMJ con igual número de jugadores participantes por equipo (6), que fueron diseñadas para asimilar automatismos tácticos, y en las que se modificaron dos variables: las dimensiones del terreno de juego y la presencia-ausencia de porterías y porteros; y (ii) examinar si la modificación de esas dos variables influyó en la respuesta física y/o fisiológica a lo largo de sucesivos períodos de trabajo dentro de una misma sesión.

## **MÉTODO**

### **Participantes**

9 jugadores profesionales de fútbol (4 defensas, 3 centrocampistas y 2 delanteros) participaron en el presente estudio. Las características de los jugadores participantes pueden verse en la Tabla 9.2.1. Todos los jugadores pertenecían al mismo equipo, el cuál competía en la 2ª División de la liga de fútbol española (Liga Adelante), con una experiencia media en el fútbol profesional de ~ 5.5 años. Todos los sujetos fueron informados previamente sobre el objetivo del estudio y tipo de pruebas realizadas, proporcionando su consentimiento informado firmado

siguiendo las indicaciones de la Declaración de Helsinki antes del comienzo del estudio.

**TABLA 9.2.1. Características de los sujetos participantes (media  $\pm$  SD)**

Edad	Altura (cm)	Peso (Kg)	Grasa (%)	FC <sub>max</sub>	FC <sub>rep</sub>	Yo-YoIR1 (m)
26.2 $\pm$ 3.7	179.3 $\pm$ 7.1	75.6 $\pm$ 5.8	9.93 $\pm$ 0.56	186.9 $\pm$ 9.8	49.7 $\pm$ 6.8	2782.2 $\pm$ 411.8

FC<sub>max</sub>: Frecuencia Cardíaca máxima valorada en el Yo-YoIR1; FC<sub>rep</sub>: Frecuencia Cardíaca valorada en período de 10 min en posición supina; Yo-YoIR1: distancia total alcanzada en test yo-yo de recuperación intermitente, Nivel 1.

## Diseño Experimental

El estudio se llevó a cabo durante un período de 1 mes y medio (Abril-Mayo), coincidiendo con la última fase de la temporada competitiva 2012-2013. Durante este período, el equipo habitualmente realizaba 5 sesiones de entrenamiento y 1 partido de competición oficial (domingo), con un día de descanso (martes) a la semana. El día posterior a la jornada de descanso (miércoles) se realizaba la sesión de entrenamiento más intensa de la semana, en la que tras el calentamiento estandarizado los jugadores participaban en SMJ. Todas las sesiones se realizaron por la mañana en campo de césped natural, y con una duración que oscilaba entre 1.5 y 2.0 horas.

La semana previa al comienzo del estudio se llevaron a cabo valoraciones antropométricas y se evaluó el rendimiento intermitente a través del Test Yo-Yo de Recuperación Intermitente Nivel 1 (Yo-YoIR1) (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2008), este último, también con el objetivo de determinar las frecuencias cardíacas máximas (FC<sub>max</sub>) de los jugadores (Bangsbo et al., 2008). El test fue realizado a primera hora de la mañana (10:00 horas) en superficie de césped natural. Durante la prueba se monitorizó a cada jugador con un pulsómetro (*Polar Team 2®*, *Polar Electro Oy, Finland*), registrándose la FC<sub>max</sub> alcanzada, así como la distancia total recorrida por cada jugador (Tabla 9.2.1). La Frecuencia Cardíaca de Reposo (FC<sub>rep</sub>) fue registrada previa a la ejecución del test (9:00 horas). Para ello los jugadores permanecieron en posición de decúbito supino durante un período de 10 minutos,

considerándose como  $FC_{rep}$  la FC más baja durante este periodo (Dellal et al., 2012a) (Tabla 9.2.1).

- ***Situaciones Medianas de Juego (SMJ)***

Todos los jugadores realizaron las 3 propuestas de SMJ presentadas en la Tabla 9.2.2. Los jugadores estaban familiarizados con cada propuesta, al realizarlas habitualmente en sus rutinas de entrenamiento. Las SMJ se diseñaron conforme a los criterios de juego e indicaciones del entrenador del equipo. El diseño de 2 de las SMJ propuestas incluía porterías y porteros, mientras que la otra SMJ fue practicada sin la presencia de porterías y porteros. Las SMJ con porteros consistieron en un partido con el objetivo de conseguir más goles que el adversario, mientras que durante la SMJ sin porteros el objetivo fue mantener la posesión del balón más tiempo que el equipo rival, conservando la posesión en ataque y presionando para conseguir la posesión del balón en defensa. Además, en el diseño de las SMJ se modificaron las dimensiones del terreno de juego (Tabla 9.2.2). A pesar de que en las 3 SMJ participaron 13 jugadores, únicamente fueron monitorizados los 9 incluidos en el estudio, debido al número de dispositivos GPS disponibles. Los equipos en cada SMJ se equilibraron de acuerdo a las distintas posiciones de los jugadores (Dellal et al., 2012a). En cada SMJ participó un jugador como neutral (comodín), con el objetivo de facilitar la superioridad numérica atacante, sin registrarse su actividad para evitar la influencia de esta variable en el análisis. En todas las SMJ se permitió un máximo de 2 toques al balón por posesión individual. Se distribuyeron balones alrededor del terreno de juego para reemplazar rápidamente las pérdidas y minimizar las interrupciones reglamentarias (Casamichana & Castellano, 2010). El entrenador constantemente estimuló verbalmente a los jugadores para mantener una elevada intensidad de juego (Rampinini et al., 2007).

**TABLA 9.2.2. Características de las Situaciones Medianas de Juego**

Situación Mediana de Juego	Porteros	Tamaño del campo (longitud x profundidad)	Área de Juego	Área relativa de juego (por jugador)	Ratio longitud / profundidad
6 vs 6 + 1	NO	20 x 30 m	600 m <sup>2</sup>	43 m <sup>2</sup>	0.7:1
6 vs 6 + 1	SI	25 x 40 m	1000 m <sup>2</sup>	77 m <sup>2</sup>	0.62:1
6 vs 6 + 1	SI	50 x 40 m	2000 m <sup>2</sup>	154 m <sup>2</sup>	1.25:1

Cada propuesta de SMJ se repitió 2 veces en un horario similar (10:30) para evitar los efectos de los ritmos circadianos en los resultados (Drust, Waterhouse, Atkinson, Edwards, & Reilly, 2005). El orden en que se realizaron las 6 sesiones de valoración (3 SMJ diferentes x 2 sesiones) se muestra en la Tabla 9.2.3. En cada sesión, tras el calentamiento estandarizado, se realizaron 4 períodos de 5 min (P1, P2, P3, y P4) de la misma SMJ con 2 min de recuperación pasiva entre periodos, en la que los jugadores podían consumir las bebidas disponibles a voluntad.

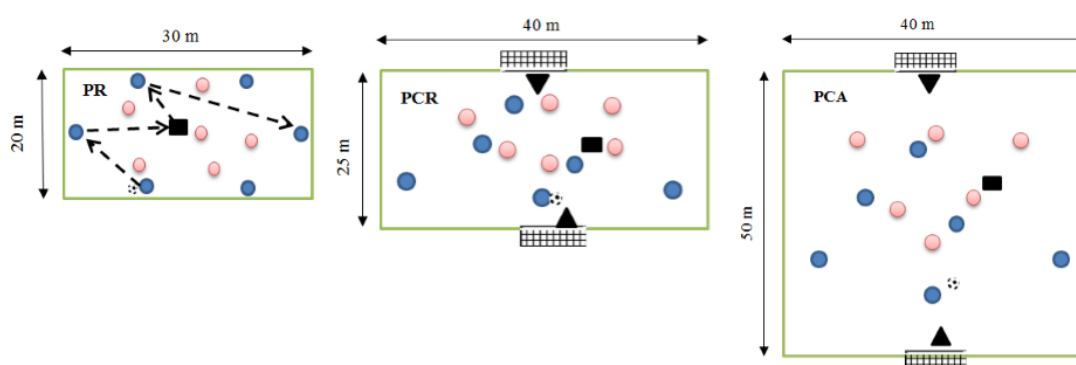
**TABLA 9.2.3. Protocolo seguido para el estudio de las diferentes SMJ propuestas, en un período de seis semanas**

Semana	Día	SMJ
1	Miércoles	PCA
2	Miércoles	PCA
3	Miércoles	PCR
4	Miércoles	PCR
5	Miércoles	PR
6	Miércoles	PR

SMJ: Situación Mediana de juego; PCA: SMJ amplia con porteros; PCR: SMJ reducida con porteros; PR: SMJ reducida sin porteros

### *SMJ reducida sin porteros (PR)*

6 vs. 6 + 1 neutral. Las premisas tácticas para los jugadores fueron las siguientes: en ataque los jugadores inician desde zonas preestablecidas y el objetivo es mantener la posesión del balón con la ayuda de la superioridad numérica provocada por el jugador neutral (Figura 9.2.1); en defensa se incide en la presión colectiva. Con este diseño se pretendió dificultar las demandas espacio-temporales del juego, simulando lo que sucede en las zonas centrales del terreno de juego en los partidos de competición (Fradua et al., 2013). Se trataba por tanto de la propuesta de SMJ con menor área relativa por jugador (Tabla 9.2.2).



**Figura 9.2.1.** Esquema de las distintas SMJ. PR: SMJ reducida sin porteros; PCR: SMJ reducida con porterías y porteros; PCA: SMJ amplia con porterías y porteros.

■: Jugador neutral ; ▲ : Portero.

### *SMJ en espacio corto y largo con porteros (PCR y PCA)*

6 vs 6 + 1 neutral. La disposición de los jugadores en el terreno de juego en ambos equipos fue 1-3-2-1: 1 portero, 3 defensas, 2 centrocampistas y 1 delantero (Figura 9.2.1). Ante cualquier infracción (faltas, saques de banda, saques de esquina), el juego fue reanudado con un balón iniciado por el portero del equipo que había sufrido la infracción, con el objetivo de evitar interrupciones del juego, y mantener

así un nivel elevado de intensidad. No existió la regla del fuera de juego. La participación del jugador neutral tuvo como objetivo posibilitar la superioridad numérica atacante y la elaboración del ataque mediante pases cortos y triangulaciones. La única diferencia entre ambas propuestas (PCR y PCA) fue las dimensiones del terreno de juego, siendo la longitud de la SMJ en espacio largo (PCA) el doble respecto a la de espacio corto (PCR; Tabla 9.2.2).

#### **- Respuestas fisiológicas**

La FC de los jugadores fue continuamente monitorizada (en intervalos de 1s) en todas las sesiones de SMJ, por medio de pulsómetros (*Polar Team 2®*, *Polar Electro Oy, Finland*). Este sistema permite la monitorización de la FC en tiempo real, y la posibilidad de expresar la respuesta de la FC como porcentaje de la frecuencia cardiaca de reserva (Dellal et al., 2012c). Los jugadores estaban familiarizados con el uso de estos dispositivos, al utilizarlos habitualmente en las sesiones de entrenamiento previas al estudio. Los datos de FC de cada período fueron expresados de dos formas diferentes: FC media ( $\% FC_{max}$ ) y FC reserva ( $\% FC_{res}$ ) de acuerdo con la fórmula propuesta por Karvonen (Karvonen, Kentala, & Mustala, 1957). Además, se establecieron 2 zonas de intensidad de FC: elevada intensidad ( $>85\% FC_{max}$ ) y moderada intensidad ( $70-85\% FC_{max}$ ), analizándose el tiempo total (min) que cada jugador permanecía en dichas zonas en cada sesión de SMJ realizada (Aslan, 2013).

#### **- Patrones de movimiento.**

Los patrones de movimiento de cada sesión se valoraron mediante un sistema de posicionamiento global (GPS), con una frecuencia de muestreo de 1 Hz (*SPI Elite*, *GPSports, Canberra, Australia*). Cada jugador llevó un peto en el que fue colocado el dispositivo, en la parte superior de la espalda. Estos dispositivos han mostrado tener una aceptable fiabilidad y precisión en la valoración de sprint cortos y ejercicio de sprints repetidos en comparación con un sistema de cronometraje de infrarrojos (Barbero-Alvarez, Coutts, Granda, Barbero-Alvarez, & Castagna, 2010). Además, los

dispositivos han mostrado un buen nivel de fiabilidad para valorar la distancia total recorrida en las actividades características de los deportes de equipo (CV=3-7%) (Coutts & Duffield, 2010) y en las mediciones del pico de velocidad (CV=1.7%) (Barbero-Alvarez et al., 2010), aunque solo han mostrado ser moderadamente fiables para valorar la carrera a alta intensidad (CV=11-30%) (Coutts & Duffield, 2010). No obstante, se puede aceptar que estos dispositivos son capaces de medir los patrones de movimiento individuales en el fútbol (Randers et al., 2010).

Las variables usadas para valorar los patrones de movimiento de las SMJ fueron las siguientes: a) distancia cubierta por minuto (distancia relativa; DR); b) pico de velocidad ( $V_{max}$ ); c) distancia cubierta en cada rango de velocidad por hora de juego (distancia/h): <7.0, 7.0–12.9, 13.0–17.9, 18.0–20.9, y >21.0  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Estas zonas de velocidad son similares a las usadas en estudios previos (Casamichana, Castellano, & Castagna, 2012); d) *work/rest ratio*, definido como la distancia cubierta por el jugador a velocidad >4.0  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  (período de actividad o trabajo) dividido por la distancia cubierta a velocidad entre 0-3.9  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  (período de recuperación o descanso) (Casamichana et al., 2012).

### **Análisis Estadístico**

Se realizaron los estadísticos descriptivos más relevantes para cada una de las variables. Se realizó el test de Shapiro Wilk para comprobar la distribución de cada variable. Para valorar la reproductibilidad de los valores obtenidos para cada variable en días diferentes se utilizó la prueba T para medidas repetidas o la prueba de Wilcoxon según presentasen o no respectivamente una distribución normal.

Para comparar las diferencias entre las medidas registradas entre cada una de las diferentes SMJ (Inter-SMJ) o entre series de cada SMJ (Intra-SMJ) se realizó un ANOVA de medidas repetidas utilizando el test *post-hoc* de Bonferroni para valorar la existencia de diferencias significativas entre las variables independientes.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el software estadístico PASW Statistics 18 para Windows. El nivel de significación estadística se estableció para  $p<0.05$ .



## RESULTADOS

### Reproductibilidad de las SMJ

Encontramos un buen nivel de reproductibilidad para las diferentes variables que componían las 3 SMJ. Tan solo existieron diferencias significativas entre los valores encontrados en ambos días en distancia/h entre 0-6.9 km·h<sup>-1</sup> en la tarea PCA (p=0.038) y DR en la tarea PR (p=0.021).

### Comparaciones Inter-SMJ

El análisis de las demandas en los patrones de movimiento de las 3 SMJ, revelaron diferencias significativas entre ellas. La Vmax (22.8 ± 2.4), DR (120.5 ± 13.4) y Work/Rest Ratio (9.5 ± 3.9) en PCA fue significativamente mayor que en PCR (19.8 ± 2.3; 103.4 ± 11.2 y 6.7 ± 2.6) y PR (17.6 ± 1.8; 93.8 ± 11.6 y 5.0 ± 1.5) respectivamente (Tabla 9.2.4). La distancia/h obtenida en los rangos de 7.0-12.9 (2823.4 ± 215.0); 13.0-17.9 (1209.8 ± 307.0); 18.0-20.9 (303.3 ± 122.4) y >21.0 Km/h (202.2 ± 86.7) en PCA fueron significativamente mayores que en PCR (2648.1 ± 298.4; 811.9 ± 211.9; 120.5 ± 39.4 y 29.8 ± 21.0) y PR (2367.7 ± 453.3; 576.4 ± 187.2; 32.1 ± 24.7 y 1.7 ± 3.4) respectivamente (Figura 9.2.2). No existieron diferencias en las demandas fisiológicas entre las 3 SMJ, para ninguna de las variables analizadas (Tabla 9.2.4).

**TABLA 9.2.4. Comparaciones Inter-SMJ. Media ± SD (CV)**

	PR	PCR	PCA
<b>Vmax</b>	17.6 ± 1.8 (10.3)	19.8 ± 2.3 <sup>b</sup> (11.4)	22.8 ± 2.4 <sup>a,c</sup> (10.7)
<b>DR</b>	93.8 ± 11.6 (11.6)	103.4 ± 11.2 <sup>b</sup> (10.9)	120.5 ± 13.4 <sup>a,c</sup> (11.1)
<b>Work/rest ratio</b>	5.0 ± 1.5 (29.8)	6.7 ± 2.6 <sup>b</sup> (39.5)	9.5 ± 3.9 <sup>a,c</sup> (40.5)
<b>% FC<sub>max</sub></b>	86.7 ± 7.7 (8.9)	90.1 ± 5.1 (5.7)	89.1 ± 4.6 (5.1)
<b>% FC<sub>res</sub></b>	81.7 ± 11.0 (13.5)	86.5 ± 7.2 (8.4)	85.1 ± 6.6 (7.7)
<b>&gt; 85% FC<sub>max</sub></b>	13.0 ± 6.6 (50.9)	16.7 ± 4.5 (27.2)	15.7 ± 4.9 (31.1)
<b>70-85% FC<sub>max</sub></b>	7.0 ± 3.6 (51.2)	6.8 ± 3.0 (44.4)	6.8 ± 2.9 (42.8)

Test Post-hoc Bonferroni: <sup>a</sup>PCA>PR; <sup>b</sup>PCR>PR; <sup>c</sup>PCA>PCR. p<0.05.

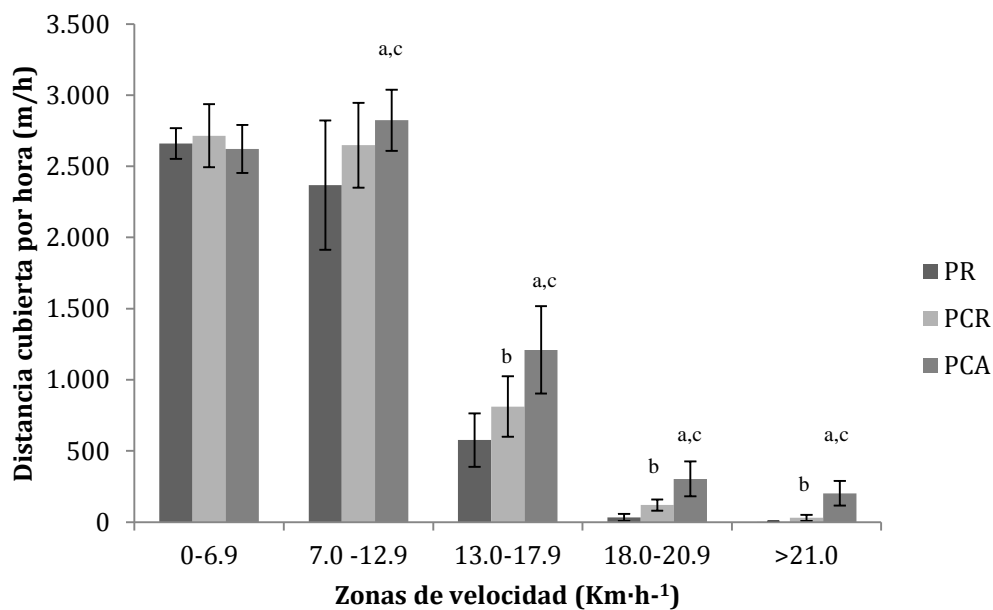
SMJ: Situaciones Medianas de Juego; PR: SMJ reducida sin porteros; PCR: SMJ en espacio corto con porteros;

PCA: SMJ en espacio largo con porteros; Vmax: Pico de velocidad (Km·h<sup>-1</sup>); DR: distancia cubierta por minuto;

Work/rest ratio: distancia>4 Km·h<sup>-1</sup>/distancia 0-3.9 Km·h<sup>-1</sup>; FC<sub>max</sub>: Frecuencia cardíaca máxima;

FC<sub>res</sub>: Frecuencia cardíaca de reserva; > 85% FC<sub>max</sub>: tiempo (min) en zona de alta intensidad en la sesión de SMJ;

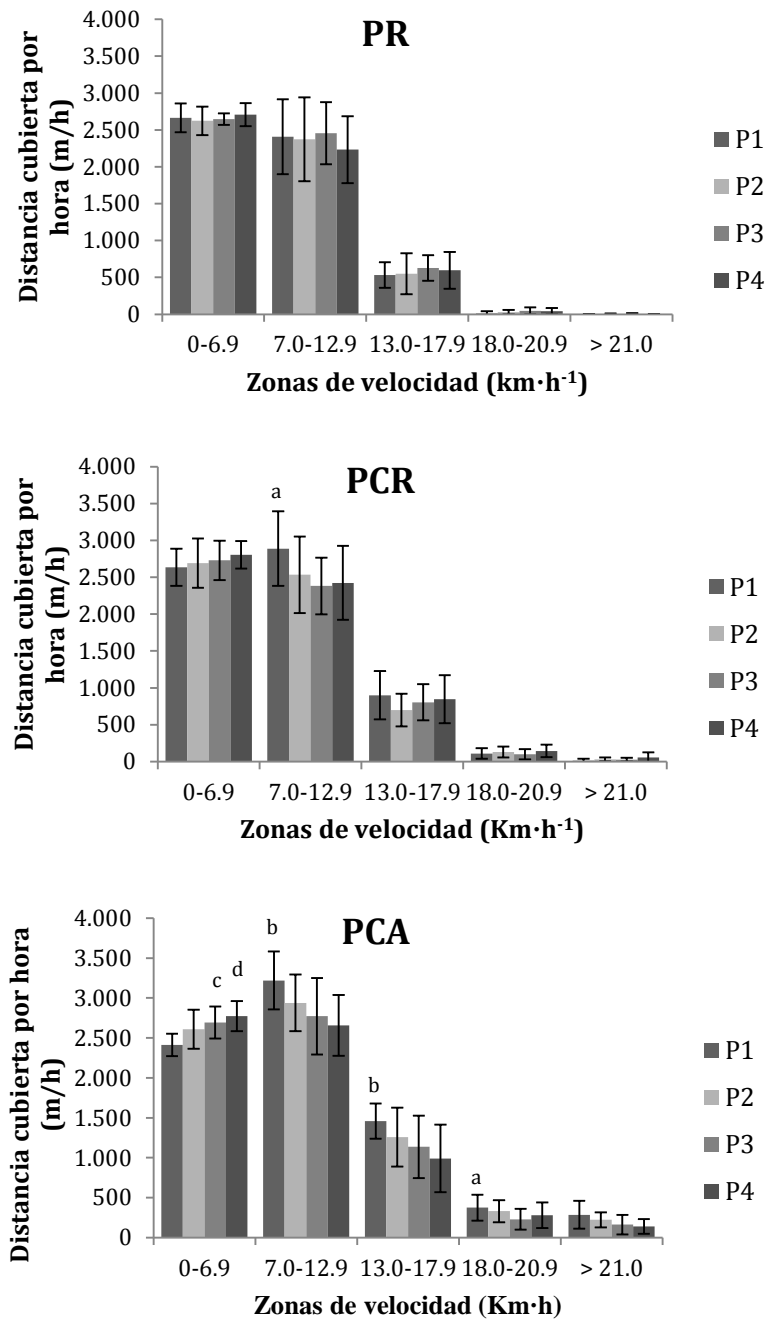
70-85% FC<sub>max</sub>: tiempo (min) en zona de moderada intensidad en la sesión de SMJ.



**Figura 9.2.2.** Distancia cubierta por hora en diferentes zonas de velocidad en 3 SMJ diferentes. PR: SMJ reducida sin porteros; PCR: SMJ en espacio corto con porteros; PCA: SMJ en espacio largo con porteros. Comparaciones Inter-SMJ. Test Post-hoc Bonferroni: <sup>a</sup>PCA>PR; <sup>b</sup>PCR>PR; <sup>c</sup>PCA>PCR.  $p < 0.05$

### Comparaciones Intra-SMJ

En la Figura 9.2.3 puede observarse la distancia recorrida en cada zona de velocidad establecida para cada periodo de tiempo estudiado, en las tres SMJ propuestas.



**Figura 9.2.3.** Distancia cubierta por hora en diferentes zonas de velocidad en 3 SMJ diferentes. PR: SMJ reducida sin porteros; PCR: SMJ en espacio corto con porteros; PCA: SMJ en espacio largo con porteros Comparaciones Intra-SMJ. Test Post-hoc Bonferroni: <sup>a</sup>P1>P3; <sup>b</sup>P1>P4; <sup>c</sup>P3>P1; <sup>d</sup>P4>P1.  $p<0.05$

Se observan diferencias significativas en PCR, donde la distancia/h en el rango de 7.0-12.9 km·h<sup>-1</sup> en P1 (2888.4 ± 506.9) fue significativamente mayor con respecto a P3 (2381.2 ± 384.6).

Además, para la propuesta de PCA, la Vmax en P1 (24.4 ± 1.5) fue significativamente mayor que en P3 (21.8 ± 1.8). También la DR en P1 (129.1 ± 7.1) fue significativamente mayor que en P3 (116.4 ± 12.4) y P4 (114.2 ± 12.4) (Tabla 9.2.5).

**TABLA 9.2.5. Comparaciones Intra-SMJ. Media ± SD (CV)**

PR				
	P1	P2	P3	P4
Vmax	16.9 ± 0.9 <sup>c</sup> (5.3)	17.6 ± 1.4 (7.9)	17.8 ± 1.4 (7.9)	18.2 ± 1.1 (6.0)
DR	93.4 ± 9.5 (10.2)	92.9 ± 10.5 (11.3)	96.2 ± 9.9 (10.3)	92.6 ± 10.7 (11.5)
Work/rest ratio	4.9 ± 1.1 (22.4)	5.0 ± 1.2 (24.0)	5.2 ± 1.4 (26.9)	4.8 ± 1.3 (27.1)
% FC <sub>max</sub>	85.4 ± 6.2 <sup>c</sup> (7.3)	86.6 ± 7.1 (8.2)	88.2 ± 6.5 (7.4)	86.7 ± 7.9 (9.1)
% FC <sub>res</sub>	80.2 ± 8.9 <sup>c</sup> (11.1)	81.3 ± 10.4 (12.8)	83.8 ± 9.3 (11.1)	81.7 ± 11.5 (14.1)
PCR				
	P1	P2	P3	P4
Vmax	19.2 ± 1.4 (7.3)	19.8 ± 1.4 (7.1)	19.7 ± 0.8 (4.1)	20.5 ± 1.9 (9.3)
DR	108.9 ± 8.8 (8.1)	100.9 ± 7.4 (7.3)	99.9 ± 9.4 (9.4)	103.8 ± 11.1 (10.7)
Work/rest ratio	7.4 ± 2.0 (27.0)	6.4 ± 2.2 (34.4)	6.2 ± 2.2 (35.5)	6.7 ± 2.4 (35.8)
% FC <sub>max</sub>	89.4 ± 4.4 (4.9)	89.4 ± 4.1 (4.6)	90.6 ± 4.8 (5.3)	90.3 ± 5.3 (5.9)
% FC <sub>res</sub>	85.5 ± 6.4 (7.5)	85.6 ± 6.1 (7.1)	87.2 ± 6.8 (7.8)	87.1 ± 7.4 (8.5)
PCA				
	P1	P2	P3	P4
Vmax	24.4 ± 1.5 <sup>a</sup> (6.1)	22.9 ± 1.9 (8.3)	22.3 ± 1.6 (7.2)	21.8 ± 1.8 (8.3)
DR	129.1 ± 7.1 <sup>a,b</sup> (5.5)	122.4 ± 11.1 (9.6)	116.4 ± 12.4 (10.6)	114.2 ± 12.4 (10.8)
Work/rest ratio	10.8 ± 3.0 (27.8)	10.0 ± 2.1 (21.0)	8.1 ± 2.2 (27.1)	9.2 ± 4.3 (46.7)
% FC <sub>max</sub>	89.2 ± 3.0 (3.4)	90.4 ± 3.1 (3.4)	88.1 ± 4.7 (5.3)	88.7 ± 4.0 (4.5)
% FC <sub>res</sub>	85.4 ± 4.4 (5.1)	86.9 ± 4.6 (5.3)	83.8 ± 6.8 (8.1)	84.4 ± 5.7 (6.7)

Test Post-hoc Bonferroni: <sup>a</sup>P1>P3; <sup>b</sup>P1>P4; <sup>c</sup>P1<P3. p<0.05. SMJ: Situaciones Medianas de Juego; PR: SMJ reducida sin porteros; PCR: SMJ en espacio corto con porteros; PCA: SMJ en espacio largo con porteros; Vmax: Pico de velocidad (Km·h<sup>-1</sup>); DR: distancia cubierta por minuto; Work/rest ratio: distancia>4 Km·h<sup>-1</sup> /distancia 0-3.9 Km·h<sup>-1</sup>. FC<sub>max</sub>: Frecuencia cardíaca máxima; FC<sub>res</sub>: Frecuencia cardíaca de reserva; P1-2-3-4 (Período 1-2-3-4)

La distancia/h 7-12.9 km·h<sup>-1</sup> y la distancia/h 13-17.9 km·h<sup>-1</sup> en P1 (3218.6 ± 363.1 y 1457.0 ± 220.2) fueron significativamente mayores que en P4 (2656.2 ± 381.3 y

989.7  $\pm$  423.1). La distancia/h 18-20.9 km·h<sup>-1</sup> en P1 (374.3  $\pm$  163.7) fue significativamente mayor que en P3 (229.3  $\pm$  129.6). La distancia/h <7.0 km·h<sup>-1</sup> fue significativamente mayor en P3 (2692.9  $\pm$  200.1) y P4 (2773.7  $\pm$  188.4) que en P1 (2411.3  $\pm$  140.1) (Figura 9.2.3).

Para la propuesta de PR, la Vmax (17.8  $\pm$  1.4), el % FC<sub>max</sub> (88.2  $\pm$  6.5) y % FC<sub>res</sub> (83.8  $\pm$  9.3) en P3 fueron significativamente mayores que en P1 (16.9  $\pm$  0.9, 85.4  $\pm$  6.2 y 80.2  $\pm$  8.9 respectivamente) (Tabla 9.2.5).

## DISCUSIÓN

Los objetivos de la investigación fueron comparar las demandas físicas y fisiológicas en 3 SMJ con igual número de jugadores participantes por equipo pero diferentes objetivos y espacios de juego, examinando además la influencia de la modificación de dichas variables en las respuestas física y/o fisiológica a lo largo de sucesivos períodos de trabajo dentro de una misma sesión. Los resultados obtenidos mostraron diferencias en los patrones de movimiento de las 3 propuestas pero similares respuestas fisiológicas. Únicamente en la situación de juego PCA se encontró una disminución de actividad locomotora a medida que avanzaban los periodos de trabajo, mostrando un posible efecto “fatiga” producido en dicha tarea. Éstos resultados pondrían de manifiesto que la disminución de actividad locomotora en sucesivos períodos de trabajo podría ser dependiente de las dimensiones del terreno de juego, mostrándose tan solo en espacios de juego grandes (>150 m<sup>2</sup> de área relativa por jugador).

Investigaciones previas ya estudiaron el efecto de la manipulación de las dimensiones del terreno de juego en la respuesta de la FC en SRJ (Casamichana & Castellano, 2010; Kelly & Drust, 2009; Rampinini et al., 2007) con resultados dispares. Así, mientras Kelly & Drust (2009) no encontraron diferencias en futbolistas profesionales (4 vs. 4 más portero en 3 espacios diferentes: grande, medio y reducido), otras investigaciones realizadas con jugadores amateur y protocolos similares (Casamichana & Castellano, 2010; Rampinini et al., 2007), concluyeron que variar las dimensiones del terreno de juego inducen respuestas fisiológicas diferentes, con FC más elevadas para las SRJ realizadas en espacios

mayores. En nuestro estudio no se encontraron diferencias significativas en la respuesta de la FC entre las 3 propuestas (Tabla 9.2.4), aunque sí que se encontró una mayor variabilidad inter-sujeto (CV) en el  $\%FC_{\max}$  y  $\%FC_{\text{res}}$  en PR (8.9 y 13.5) respecto a PCR (5.7 y 8.4) y PCA (5.1 y 7.7). Esta elevada variabilidad inter-sujeto en la respuesta de la FC en PR, podría desaconsejar su uso como medio para la mejora de la resistencia aeróbica ( $VO_{2\max}$ ), pues algunos jugadores podrían no alcanzar la intensidad 90-95%  $FC_{\max}$  requerida (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001). A diferencia de los datos obtenidos en nuestro estudio, Casamichana, Castellano, Gonzalez-Moran, Garcia-Cueto, & Garcia-López (2011) encontraron una menor variabilidad en la respuesta de la FC para las situaciones practicadas sin porteros (4 vs. 4), al compararlas con otras situaciones con porterías reglamentarias o con porterías pequeñas, pero todas realizadas en iguales espacios de juego (100 m<sup>2</sup> por jugador). En este sentido, la asignación de funciones específicas puede tener una gran relevancia, ya que en el trabajo de Casamichana et al. (2011), todos los jugadores tenían el mismo rol, sin asignar a los jugadores ni funciones ni ubicación espacial preferente. Sin embargo en nuestro trabajo, el hecho de que en PR los jugadores tuvieran que regresar en fase de ataque a las zonas preestablecidas, podría aumentar la variabilidad impuesta a los jugadores. Además, el área relativa de juego más reducida respecto a las otras propuestas, podría haber condicionado la mayor variabilidad fisiológica encontrada en la única tarea que se jugó sin porterías en nuestro estudio.

Casamichana & Castellano (2010) estudiaron las respuestas físicas a la manipulación de las dimensiones del terreno de juego, en SRJ con igual número de jugadores participantes. Dicho estudio, analizó 3 propuestas de SRJ (5 vs. 5 con porteros) con espacios relativos de 272, 175 y 73 m<sup>2</sup>, obteniendo los espacios grande y medio valores similares entre sí para casi todas las variables, pero superiores al espacio más reducido. Los espacios relativos propuestos en nuestro estudio fueron sensiblemente inferiores (154, 77 y 43 m<sup>2</sup>) intentando aproximarlos a aquellos que demanda la competición (Fradua et al., 2013). A pesar de ello, también demandaron valores superiores en las propuestas jugadas en espacios mayores en la mayoría de las variables (Tabla 9.2.4 y Figura 9.2.2). Así por ejemplo los valores de DR, que es la variable más representativa de la intensidad general de la actividad (Casamichana & Castellano, 2010), oscilaron entre los 94 m/min en PR,

los 103 m/min en PCR y los 120 m/min en PCA, siendo similares a los demandados por la competición tan solo para la propuesta más amplia (PCA) (Casamichana et al., 2012). Los valores de *Work-rest ratio* obtenidos en nuestro estudio oscilaron entre 5 y 9.5, siendo siempre superiores para las propuestas jugadas en espacios mayores y sensiblemente superiores a los demandados por jugadores semi-profesionales en diversas SRJ (3.5) (Casamichana et al., 2012), mostrando un posible aumento de la intensidad de los jugadores profesionales en este tipo de tareas (Dellal, Hill-Haas, Lago-Penas, & Chamari, 2011b).

La ausencia de diferencias en la respuesta de la FC en nuestro estudio, a pesar de los diferentes patrones de movimiento en las 3 propuestas podría ser explicada por el hecho de que la respuesta de la FC no solo depende de la velocidad de desplazamiento, sino de otro tipo de actividades como saltos, giros, contactos o factores psicológicos (Mendez-Villanueva, Buchheit, Simpson, & Bourdon, 2013). Este hecho evidenciaría la necesidad de valorar tanto la FC como determinadas respuestas físicas de las tareas, con el objetivo de tener una idea global de la intensidad de las mismas (Casamichana, Castellano, Calleja-Gonzalez, San Roman, & Castagna, 2013).

Por otro lado, la organización y el número de períodos de trabajo propuestos en el entrenamiento de SRJ es un importante factor que debe ser considerado en la planificación de las sesiones de entrenamiento (Dellal et al., 2012b). La estructura planteada en nuestro estudio fue mantenida para las 3 propuestas (4 períodos de 5 min de duración, con 2 min de recuperación pasiva), lo que permitió examinar si el diseño de las SMJ influyó en la respuesta física y/o fisiológica a lo largo de sucesivos períodos de trabajo dentro de la sesión.

Pocos estudios han valorado los cambios en las variables físicas y fisiológicas en sucesivos períodos de trabajo de diferentes propuestas de SRJ (Dellal et al., 2012b; Dellal, Lago-Penas, Wong del, & Chamari, 2011c). En nuestro estudio, la respuesta de la FC a lo largo de las series fue bastante estable en todas las propuestas. Tan solo en PR, se alcanzaron valores de FC superiores en P3 respecto a P1. Sin embargo esa posible tendencia de aumento de la FC a lo largo de los períodos no se mostró en P4 (Tabla 9.2.5). Es posible que esta oscilación en la respuesta de la FC a lo largo de los períodos en PR estuviera condicionada por el mayor componente táctico de la tarea.

Así, la intensidad fisiológica de cada período podría depender de aspectos como el tiempo que se haya estado en posesión del balón, o el número de veces que se haya conseguido trasladar el balón de un lado de área de juego al otro. Ninguna de las 3 propuestas de nuestro estudio mostró la tendencia a incrementar gradualmente la FC a lo largo de los períodos, que sí habían recogido investigaciones previas (Dellal et al., 2012b; Dellal et al., 2011c; Kelly & Drust, 2009). Es posible que las diferencias fisiológicas entre los distintos períodos estén condicionadas por el número de jugadores participantes, con mayores diferencias para las SRJ en las que participan un menor número de jugadores por equipo (Dellal et al., 2012b). La respuesta física a lo largo de los períodos fue bastante estable tanto en PR como en PCR, sin diferencias en las variables DR; *Work/rest ratio*, y distancia/h recorrida en los rangos de velocidad superiores a 13.0 km·h<sup>-1</sup> (Tabla 9.2.5 y Figura 9.2.3). Tan sólo existieron diferencias en Vmax de PR, con valores inferiores en P1 (16.9 ± 0.9) que en P3 (17.8 ± 1.4). Por tanto no hubo evidencias de fatiga a lo largo de las series en estas dos propuestas. Sin embargo, sí que hubo diferencias en la propuesta PCA. Las primeras series mostraron valores más elevados en DR, Vmax y distancia/h en los rangos 7.0-12.9, 13.0-17.9 y 18.0-20.9 km·h<sup>-1</sup>, y valores inferiores en el rango <7.0 km·h<sup>-1</sup> (Tabla 9.2.5 y Figura 9.2.3), mostrando la tendencia a lo largo de los períodos de reducir la distancia a alta velocidad y aumentar la distancia a baja velocidad. Estos datos muestran un importante hallazgo de la investigación. A medida que los espacios de juego son mayores las demandas físicas aumentan, provocando una pérdida de actividad locomotora conforme avanzan las repeticiones y mostrando un posible efecto “fatiga” dependiente de las dimensiones del terreno de juego. Este posible efecto “fatiga”, es similar al descrito en estudios previos (Dellal et al, 2012b), y podría tener importancia en la planificación de las sesiones de entrenamiento.

### **APLICACIONES PRÁCTICAS**

Los resultados del estudio confirman la incidencia de las dimensiones del terreno de juego en las demandas físicas de SMJ con igual número de jugadores participantes, con demandas superiores para las SMJ practicadas en áreas relativas de juego mayores. No existieron diferencias en la respuesta de la FC en las 3



propuestas, aunque los elevados CV tanto en el  $\%FC_{\max}$  y  $\%FC_{\text{res}}$  en PR, podrían desaconsejar el uso de esta tarea para la mejora de la resistencia aeróbica.

Los cambios en los patrones de movimiento asociados con el período del ejercicio, podrían ser dependientes de las dimensiones del terreno de juego. Sólo en la propuesta con espacio relativo mayor (PCA) se observó un posible efecto “fatiga” en las principales variables físicas valoradas. De esta forma en función del objetivo del entrenamiento y el período de la temporada, entrenadores y preparadores físicos podrían manipular tanto el área de juego como la forma de prescribir la carga en el diseño de SMJ.

## REFERENCIAS

Aslan, A. (2013). Cardiovascular responses, perceived exertion and technical actions during small-sided recreational soccer: effects of pitch size and number of players. *J Hum Kinet*, 38, 95-105.

Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, 38(1), 37-51.

Barbero-Alvarez, J. C., Coutts, A., Granda, J., Barbero-Alvarez, V., & Castagna, C. (2010). The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *J Sci Med Sport*, 13(2), 232-235.

Casamichana, D., & Castellano, J. (2010). Time-motion, heart rate, perceptual and motor behaviour demands in small-sides soccer games: effects of pitch size. *J Sports Sci*, 28(14), 1615-1623.

Casamichana, D., Castellano, J., Calleja-Gonzalez, J., San Roman, J., & Castagna, C. (2013). Relationship between indicators of training load in soccer players. *J Strength Cond Res*, 27(2), 369-374.

Casamichana, D., Castellano, J., & Castagna, C. (2012). Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *J Strength Cond Res*, 26(3), 837-843.

Casamichana D., Castellano, J., González-Morán, A., García-Cueto, H., & García-López, J. (2011). Physiological demand in small-sided games on soccer with different orientation of space. *Rev int cienc deporte*, 23: 141-154.

Castellano, J., Casamichana, D., & Dellal, A. (2013). Influence of game format and number of players on heart rate responses and physical demands in small-sided soccer games. *J Strength Cond Res*, 27(5), 1295-1303.

Coutts, A. J., & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport*, 13(1), 133-135.

Dellal, A., Jannault, R., Lopez-Segovia, M., & Pialoux, V. (2011a). Influence of the Numbers of Players in the Heart Rate Responses of Youth Soccer Players Within 2 vs. 2, 3 vs. 3 and 4 vs. 4 Small-sided Games. *J Hum Kinet*, 28, 107-114.

Dellal, A., Hill-Haas, S., Lago-Penas, C., & Chamari, K. (2011b). Small-sided games in soccer: amateur vs. professional players' physiological responses, physical, and technical activities. *J Strength Cond Res*, 25(9), 2371-2381.

Dellal, A., Lago-Penas, C., Wong del, P., & Chamari, K. (2011c). Effect of the number of ball contacts within bouts of 4 vs. 4 small-sided soccer games. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3), 322-333.

Dellal, A., Owen, A., Wong, D. P., Krusturup, P., van Exsel, M., & Mallo, J. (2012a). Technical and physical demands of small vs. large sided games in relation to playing position in elite soccer. *Hum Mov Sci*, 31(4), 957-969.

Dellal, A., Drust, B., & Lago-Penas, C. (2012b). Variation of activity demands in small-sided soccer games. *Int J Sports Med*, 33(5), 370-375.

Dellal, A., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong del, P., Natali, A. J., De Lima, J. R., . . . Karim, C. (2012c). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2890-2906.

- Drust, B., Waterhouse, J., Atkinson, G., Edwards, B., & Reilly, T. (2005). Circadian rhythms in sports performance--an update. *Chronobiol Int*, 22(1), 21-44.
- Fradua, L., Zubillaga, A., Caro, O., Ivan Fernandez-Garcia, A., Ruiz-Ruiz, C., & Tenga, A. (2013). Designing small-sided games for training tactical aspects in soccer: extrapolating pitch sizes from full-size professional matches. *J Sports Sci*, 31(6), 573-581.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc*, 33(11), 1925-1931.
- Hill-Haas, S. V., Coutts, A. J., Rowsell, G. J., & Dawson, B. T. (2009a). Generic versus small-sided game training in soccer. *Int J Sports Med*, 30(9), 636-642.
- Hill-Haas, S. V., Dawson, B. T., Coutts, A. J., & Rowsell, G. J. (2009b). Physiological responses and time-motion characteristics of various small-sided soccer games in youth players. *J Sports Sci*, 27(1), 1-8.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*, 27(6), 483-492.
- Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*, 35(3), 307-315.
- Kelly, D. M., & Drust, B. (2009). The effect of pitch dimensions on heart rate responses and technical demands of small-sided soccer games in elite players. *J Sci Med Sport*, 12(4), 475-479.
- Little, T., & Williams, A. G. (2006). Suitability of soccer training drills for endurance training. *J Strength Cond Res*, 20(2), 316-319.
- Little, T., & Williams, A. G. (2007). Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 21(2), 367-371.
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Simpson, B., & Bourdon, P. C. (2013). Match play intensity distribution in youth soccer. *Int J Sports Med*, 34(2), 101-110.

Owen, A. L., Wong, D. P., Paul, D., & Dellal, A. (2013). Physical and Technical Comparisons between Various-Sided Games within Professional Soccer. *Int J Sports Med*.

Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Abt, G., Chamari, K., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2007). Factors influencing physiological responses to small-sided soccer games. *J Sports Sci*, 25(6), 659-666.

Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., . . . Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: a comparative study. *J Sports Sci*, 28(2), 171-182.

# **PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS**

# **PUBLICACIÓN 1**

## **(ANEXO 1)**

**Control del entrenamiento en fútbol: posibilidades de actuación**

Campos, M.A. (2012). Revista de Entrenamiento Deportivo. Tomo XXVI  
- Nº4. Octubre-Diciembre, p.p. 5-10

# CONTROL DEL ENTRENAMIENTO EN FÚTBOL: POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

Miguel Ángel Campos Vázquez  
Real Club Recreativo de Huelva, SAD (Huelva)

La monitorización del entrenamiento puede ayudar a conocer el estrés sufrido por el organismo ante las cargas soportadas y se presenta como un factor clave para conseguir un adecuado proceso de control. La naturaleza intermitente de las demandas fisiológicas del fútbol, así como la diversidad de contenidos tácticos y condicionales utilizados en los entrenamientos, podrían dificultar el control del entrenamiento en este deporte. Para ayudar a superar estas dificultades, han ido apareciendo en los últimos años diversos medios tecnológicos. El objetivo de este trabajo es el de analizar los métodos de control, tanto de la carga interna como de la externa, que han demostrado su validez en la literatura científica, y entre los que se podrían destacar los siguientes: los métodos basados en el análisis de la Frecuencia Cardíaca; el método basado en la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE); el control mediante tecnología GPS y el control de la velocidad de desplazamiento en el entrenamiento de fuerza. El análisis de los datos obtenidos en éste proceso, debería utilizarse para conseguir los siguientes objetivos: individualizar el entrenamiento, estudiar las relaciones entre factores de rendimiento del deporte y la cantidad de carga ejecutada y evitar procesos de sobreentrenamiento o desentrenamiento.

Palabras clave: fútbol, control entrenamiento, TRIMP, percepción subjetiva de esfuerzo, GPS

## SOCCER TRAINING CONTROL: ACTION POSSIBILITIES

### ABSTRACT

Training monitoring can be useful to be aware of the stress suffered by the organism before the supported loads besides being a key factor in order to get a proper control process. The intermittent nature of soccer physiological demands along with the diversity of tactic and conditional contents in the trainings could make it difficult the training control in this sport. In order to overcome these difficulties, several technological means have been arising in the last years. This research main objective is to analyze control methods, of both internal and external load. These methods have proved their validity in scientific literature. Among them we can highlight the followings: Methods based on the heart rate analysis; the method based on the rate of perceived exertion (RPE); control by means of GPS technology and displacement velocity control in resistance training. The analysis of the data obtained in this process should be used to get the following objectives: to individualize the training, to study the relationship between sport performance factors and the dose of the performed load, and to avoid overtraining or detraining processes.

KEYWORDS: SOCCER, TRAINING CONTROL PROCESS, TRIMP, RATE OF PERCEIVED EXERTION, GPS



## INTRODUCCIÓN

Para mejorar el rendimiento en el fútbol profesional con el objetivo de alcanzar el éxito, se necesita un adecuado desarrollo de la condición física (Brink, Nederhof, Visscher, Schmikli, & Lemmink, 2010). Debido a las demandas intermitentes de la competición (Di Salvo et al., 2007), y a la importancia tanto del metabolismo aeróbico (Hoff & Helgerud, 2004; Ziogas, Patras, Stergiou, & Georgoulis, 2011) como anaeróbico (Hoff & Helgerud, 2004; Iaia, Rampinini, & Bangsbo, 2009; Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005) en el rendimiento de los jugadores, éste deporte requiere del desarrollo de una combinación específica de fuerza, velocidad y resistencia (Desgorces, Senegas, Garcia, Decker, & Noirez, 2007). Concretamente para conseguir un buen nivel de rendimiento en el fútbol, las capacidades de fuerza y potencia muscular; resistencia aeróbica y RSA, deben alcanzar un óptimo nivel de desarrollo (Owen, Wong del, Paul, & Dellal, 2012). Por ello, la figura del preparador físico en los equipos de fútbol, ha ido adquiriendo más importancia cada año en la formación de los cuerpos técnicos.

Dentro de las funciones del preparador físico en el cuerpo técnico, el control del entrenamiento debería adquirir especial relevancia. Según González-Badillo & Ribas (2002), el control tiene como objetivo proporcionar constante información acerca del sistema que se controla. Una evaluación precisa de la carga de entrenamiento es un parámetro importante para la planificación y periodización del entrenamiento. En los deportes colectivos como el fútbol, la carga de entrenamiento prescrita por el entrenador es a menudo denominada carga externa, mientras que se denomina carga interna al estrés fisiológico soportado por el jugador (Brink, et al., 2010). La valoración de la carga, es especialmente difícil de conseguir en los deportes de equipo, debido a la dificultad que entrañan los contenidos tácticos (número de jugadores variable y/o diferentes funciones o roles tácticos). Estos contenidos pueden dar lugar a exigencias fisiológicas diferentes (Rebelo et al., 2012) que podrían reducir la probabilidad de que los jugadores reciban entrenamientos basados en sus características individuales (Alexiou & Coutts, 2008). La capacidad de medir y monitorizar las cargas de entrenamiento debe proporcionar información valiosa para la prescripción de programas de entrenamiento individualizados (Borresen & Lambert, 2008).

Por todo esto, ha de ser importante la cuantificación de las cargas, persiguiendo el triple objetivo de: individualizar el entrenamiento; estudiar las relaciones entre factores de rendimiento del deporte y la cantidad de carga ejecutada y evitar procesos de sobreentrenamiento o desentrenamiento.

El objetivo de este trabajo, es analizar y describir los medios de control del entrenamiento, que posibilitan la valoración de la carga tanto interna como externa, y que han sido considerados por la literatura científica como los más adecuados en la práctica del fútbol.

## CONTROL DE LA FRECUENCIA CARDÍACA

Tradicionalmente la Frecuencia Cardíaca (FC) ha sido un parámetro fundamental para cuantificar intensidad del ejercicio (J. Karvonen & Vuorimaa, 1988), debido fundamentalmente a la relación lineal que presenta con el Consumo de Oxígeno ( $\text{VO}_2$ ) en un amplio rango de intensidades submáximas (Achten & Jeukendrup, 2003). Por ello, la FC puede ser utilizada para monitorizar la carga interna en futbolistas con una buena validez, aunque su fiabilidad podría mejorarse y debería alcanzar un nivel similar a otros métodos como la percepción subjetiva de esfuerzo (RPE) (Alexandre et al., 2012). Sin embargo, la FC como forma de controlar la intensidad de trabajo, presenta algunas limitaciones debido a una serie de factores que pueden influenciar su respuesta durante el ejercicio, como por ejemplo: la variabilidad diaria de la FC; factores medioambientales (temperatura, altitud) o factores fisiológicos (drift cardiovascular, grado de hidratación) (Achten & Jeukendrup, 2003).

El análisis de los datos de FC, se puede realizar en relación al porcentaje de FC Máxima (FCM) de los jugadores, como así realiza el Método de Edwards (Tabla 1) (Edwards, 1993), utilizado en diversos estudios con futbolistas para la cuantificación de la carga de entrenamiento (Alexiou & Coutts, 2008; Desgorces, et al., 2007; Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, & Marcora, 2004). Sin embargo, debido a la existencia de una alta variabilidad de la FCM y la FC de reposo entre los jugadores (Alexandre, et al., 2012), la expresión de los datos de FC debería hacerse mediante el uso de la Frecuencia Cardíaca de Reserva (FCres), propuesta por Karvonen (M. J. Karvonen, Kentala, & Mustala, 1957):

$$\%FCres = [(FC \text{ media ejercicio} - FC \text{ reposo}) / (FCM - FC \text{ reposo})] * 100$$

Esta ecuación considera las variaciones de los biorritmos y permite una comparación interindividual de la respuesta de FC a diferentes formas de entrenamiento.

## Impulso de entrenamiento (TRIMP) como forma de control

En el proceso de control, es importante monitorizar cuidadosamente los 3 componentes de un programa de entrenamiento: la frecuencia de sesiones de entrenamiento, la duración de cada sesión, y la intensidad de los ejercicios (Achten & Jeukendrup, 2003). Como respuesta a estas necesidades nace el TRIMP (Impulso de entrenamiento), que es un parámetro utilizado para cuantificar la carga de trabajo que supone el ejercicio a través de dos variables conjuntas, la intensidad y la duración (Banister, 1991). El TRIMP utiliza la relación exponencial entre la elevación fraccional de la frecuencia cardíaca ( $\Delta FC$ ) y la concentración de lactato sanguíneo (Banister & Calvert, 1980), a la que se



# CONTROL DEL ENTRENAMIENTO EN FÚTBOL: POSIBILIDADES DE ACTUACIÓN

Campos Vázquez, M.A.

Rev Entren Deport  
XXVI-Nº4 / Oct-Dic 2012  
Páginas 05-10

asocia un factor de ponderación. Este factor de ponderación, evita una importancia desproporcionada de la actividad de larga duración a bajos niveles de  $\Delta FC$  en comparación con actividades intensas pero de corta duración, reflejando de ésta forma la intensidad del esfuerzo (Manzi, Iellamo, Impellizzeri, D'Ottavio, & Castagna, 2009). La utilización de los TRIMP se considera como una buena manera de poder cuantificar la carga de entrenamiento o de competición (Stagno, Thatcher, & van Someren, 2007). El cálculo tradicional propuesto por Banister (Tabla 1) no refleja potencialmente las demandas fisiológicas individuales de cada sesión de entrenamiento, ya que usa el mismo factor para todos los sujetos (Manzi, et al., 2009).

Una propuesta de TRIMP modificada respecto a la original de Banister (Stagno, et al., 2007), se llevó a cabo en un deporte colectivo de naturaleza intermitente, como es el hockey. Se determinaron 5 zonas de intensidad, gracias al factor de ponderación obtenido al estudiar la relación entre la  $\Delta FC$  y la concentración de lactato. Como aspecto positivo de éste método de control, se podría destacar la facilidad para implementarlo, pues sabiendo la FCM del jugador, se pueden establecer fácilmente las zonas de intensidad, y por tanto calcular la carga del entrenamiento (Tabla 1). En este trabajo se registró una relación significativa ( $r = 0,8$ ) entre el porcentaje de cambio en el VO y la media semanal de TRIMPs modificados (Stagno, et al., 2007). Sin embargo, los autores deducían la ecuación usada para calcular el tiempo en cada zona, de un test continuo incremental. Hay evidencia para sugerir que la respuesta del lactato al ejercicio intermitente (propio de los deportes de equipo como el fútbol), es diferente cuando se compara con el

ejercicio continuo, particularmente a altas intensidades (Akubat & Abt, 2011). Por tanto, la cuantificación de la carga mediante el cálculo de TRIMPs propuesto por Stagno, et al. (2007), podría diferir de la carga realmente soportada en el entrenamiento de fútbol, (deporte intermitente de alta intensidad), pudiendo llevar a una sobre o subestimación de la cantidad de entrenamiento, que puede tener consecuencias para el rendimiento de los jugadores o posibles lesiones.

## MÉTODO DE FOSTER MEDIANTE EL CONTROL DE LA PERCEPCIÓN SUBJETIVA DEL ESFUERZO

Todos los métodos de control de la carga interna de entrenamiento en fútbol basados en el análisis de la FC, tienen una importante limitación: la falta de eficacia en la valoración del ejercicio de muy alta intensidad y/o corta duración, como pueda ser el entrenamiento de fuerza con sobrecargas o el entrenamiento pliométrico (Alexiou & Coutts, 2008; Rebelo, et al., 2012). La valoración de la carga interna mediante el análisis de la RPE, puede ser una posible solución a éste problema. Constituye una herramienta no fisiológica, pero que proporciona información general del nivel de dificultad del ejercicio sentido por los jugadores (Alexandre, et al., 2012). Ésta herramienta de control, ha sido utilizada con éxito en la monitorización del entrenamiento en fútbol (Alexiou & Coutts, 2008; Impellizzeri, et al., 2004).

MÉTODO	CÁLCULO	PARTICULARIDADES	INCONVENIENTES
Banister (1991)	<b>TRIMP=TD-FC-CORR</b> TD: Duración efectiva de entrenamiento (min) FC: (FCmedia sesión -FCreposito)/(Fc máxima -FC reposo) CORR (Factor corrector): 0,64e1,92(FC) para hombres 0,86e1,67(FC) para mujeres	- Mayor aplicación a deportes de naturaleza continua.	- El uso de esta ecuación requiere de mediciones de estados estables de FC. - El factor corrector es igual para todos los sujetos (solo diferencia entre sexos), de forma que no refleja las demandas fisiológicas individuales.
Edwards (1993)	<b>CARGA=Z1+Z2+Z3+Z4+Z5</b> Z1: T' 90-100% FCM-5 Z2: T' 80-90% FCM-4 Z3: T' 70-80% FCM-3 Z4: T' 60-70% FCM-2 Z5: T' 50-60% FCM-1 T' (tiempo en cada zona de trabajo) FCM: (frecuencia cardíaca máxima)	- Facilidad de cálculo.	- Poca especificidad a deportes de naturaleza intermitente. - Las zonas definidas de FC son arbitrarias. No están establecidas en función de umbral fisiológico alguno.
Stagno (2007)	<b>CARGA=Z1+Z2+Z3+Z4+Z5</b> Z1: T' 93-100% FCM-5,16 (zona máxima intensidad) Z2: T' 86-92% FCM-3,61 (zona OBLA) Z3: T' 79-85% FCM-2,54 (estado estable) Z4: T' 72-78% FCM-1,71 (zona OPLA) Z5: T' 65-71% FCM-1,25 (actividad moderada)	- Facilidad de cálculo. - Más especificidad con deportes colectivos.	- Factor de ponderación calculado mediante test continuo incremental (no específico respecto a la naturaleza intermitente del fútbol). - Datos obtenidos de un grupo de 8 jugadores (no individualizado).
Manzi (2009)	<b>TRIMPI: TD-FC-CORRI</b> T: Tiempo (min) para cada FC FC: (FCmedia sesión -FCreposito)/(Fc máxima -FC reposo) CORRI (Factor corrector individualizado)	- Se introduce un factor corrector individual para cada sujeto, en función de la relación individual entre $\Delta FC$ y el lactato sanguíneo.	- El factor individual está calculado mediante test continuo incremental (no específico respecto a la naturaleza intermitente del fútbol).

**Tabla 1.** Comparación de Métodos para la cuantificación de la carga basados en el análisis de la FC.



Para ello, el método de Foster (Foster et al., 2001), propone la cuantificación de la carga interna del entrenamiento mediante un sencillo cálculo: multiplicar el valor de RPE proporcionado por el deportista tras el entrenamiento, usando la escala de Borg-10 (Borg, Hassmen, & Lagerstrom, 1987), por la duración total del entrenamiento. La implementación de éste método de control ha mostrado ser tan sencilla como efectiva, pues no tiene costo económico y se puede aplicar a un grupo numeroso sin dificultad. Se han obtenido correlaciones individuales moderadas (desde  $r=0.50$  hasta  $r=0.85$ ,  $p<0.01$ ) con varios métodos de control de la carga basados en la frecuencia cardíaca (TRIMPs de Banister, TRIMPs de Lucia y carga interna de Edwards) (Impellizzeri, et al., 2004).

Puesto que la RPE, puede dar más información de la carga de entrenamiento que la estrictamente fisiológica, algunos factores como la conciencia psicológica individual, factores medioambientales, la experiencia y nivel de entrenamiento previos y la carga externa soportada, podrían afectar a la carga interna, y por tanto verse reflejados en la RPE (Lockie, Murphy, Scott, & Janse de Jonge, 2012). Por ello, estos factores han de tenerse en cuenta a la hora de interpretar los datos obtenidos por este método.

### CONTROL MEDIANTE TECNOLOGÍA GPS

El uso de los dispositivos GPS en los deportes de campo (entre los que se incluye el fútbol), ha sido aplicado para detectar la fatiga en partidos; para identificar períodos de juego de elevada intensidad y para identificar los diferentes perfiles de actividad para el puesto específico, nivel competitivo y deporte (Aughey, 2011).

Los primeros dispositivos utilizados en los deportes de equipo, utilizaban frecuencias de muestreo de 1Hz. Éstos dispositivos han mostrado tener un buen nivel de fiabilidad para el control de la distancia total recorrida (coeficiente de variación (CV) 3.6-7.1%) y para el pico de velocidad (CV 2.3-5.8%), mientras que tienen un pobre nivel de fiabilidad para la distancia en carrera a alta intensidad ( $>14.4$  Km/h) (CV 11.2-32.4%) y para la distancia en carrera a muy alta intensidad ( $>20$  Km/h) (CV 11.5-30.4%), especialmente si las trayectorias son no lineales (Coutts & Duffield, 2010). Sin embargo, a pesar de la baja fiabilidad en ese tipo de acciones, éstos dispositivos sí que han mostrado ser capaces de detectar descensos de rendimiento durante un partido de fútbol, pudiendo de esta forma ser usados para estudiar la fatiga inducida por el juego (Randers et al., 2010).

La distancia total recorrida en entrenamientos específicos de fútbol, recientemente ha mostrado tener un nivel de correlación bastante elevado tanto con el método de control de la carga interna de Edwards ( $r=0.72$ ;  $p<0.01$ )

como con el método de control de la carga basado en la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) ( $r=0.76$ ;  $p<0.01$ ) (Casamichana, Castellano, Calleja, Roman, & Castagna, 2012). De esta forma, los dispositivos que funcionan a 1Hz, y que son bastante fiables para la distancia total (Portas, Harley, Barnes, & Rush, 2010), podrían dar información válida tanto de la carga externa de entrenamiento como de la carga interna.

Modernos dispositivos de 5 y 10 Hz, han mostrado ser más fiables que los de 1 Hz en la medición de actividades intermitentes no lineales de alta intensidad, propias del fútbol (Aughey, 2011), por lo que el uso de este tipo de dispositivos podría ser más adecuado como herramienta de control en este deporte.

### CONTROL DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

El fútbol también requiere de entrenamiento específico de fuerza (Owen, et al., 2012). La elevada correlación entre la fuerza máxima y el rendimiento en sprint de 10 ( $r=0.94$ ;  $p<0.001$ ) y 30 metros ( $r=0.71$ ;  $p<0.01$ ) en futbolistas de élite (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004), puede justificar el entrenamiento de ésta cualidad física. Tradicionalmente se ha utilizado la Repetición Máxima (RM), como herramienta de control (Knuttgen, 2007). Sin embargo, en los últimos años el control de la velocidad de ejecución en el entrenamiento de fuerza, se ha utilizando como forma de evaluar la intensidad de la carga en el entrenamiento de fuerza (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010). El uso de los medios tecnológicos adecuados, tales como puedan ser los transductores lineales de posición y/o velocidad han confirmado ya su validez y fiabilidad para valorar esta variable (Cormie, McBride, & McCauley, 2007). Esta forma de control, permite ajustar de forma óptima las cargas a las necesidades de cada deportista, consiguiendo de esta manera una mayor individualización del proceso. Esto se basa en el hecho de que la velocidad alcanzada en cada repetición es la mejor referencia del esfuerzo real realizado por el deportista en el entrenamiento de fuerza (González-Badillo & Ribas, 2002). Con el paso del tiempo, la evaluación mediante el control de la velocidad reflejará si el deportista desplaza las cargas preestablecidas a mayor o menor velocidad, mostrando clara y objetivamente el efecto del entrenamiento. El uso de la velocidad de desplazamiento (como consecuencia de la aplicación de fuerza en el ejercicio de sentadilla) puede ser utilizado como una variable para monitorizar e individualizar la carga de entrenamiento de fuerza en futbolistas (López-Segovia, Palao Andres, & González-Badillo, 2010). Además, la pérdida de velocidad en el entrenamiento de fuerza en el ejercicio de sentadilla completa ha sido mostrada como un buen indicador de fatiga neuromuscular (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011).

## CONCLUSIONES


Parece evidente que una precisa evaluación de la carga de entrenamiento puede ayudar al futbolista a mejorar su capacidad de expresar el rendimiento (Rebelo, et al., 2012). El proceso de medición de las variables necesita de un conocimiento científico adecuado y del uso de tecnología apropiada para no perder fiabilidad (y por tanto información), y que de ésta forma pueda ayudar a retroalimentar el proceso del entrenamiento con la única finalidad de incrementar el rendimiento (González-Badillo & Ribas, 2002). A continuación, a modo de conclusiones, se exponen una serie de observaciones con el objetivo de optimizar este proceso de control:

- La elección del método de control a utilizar dependerá en gran medida de los medios tecnológicos disponibles. Por ejemplo, si no se dispone de la tecnología adecuada, la elección del método basado en la percepción subjetiva del esfuerzo para evaluar la carga interna puede ser la apropiada. Pero si se dispone de los medios tecnológicos suficientes, se podría atender a las diferencias individuales (Manzi, et al., 2009), y específicas de los deportes de naturaleza intermitente (Akubat & Abt, 2011) a la hora de controlar la carga interna mediante el método TRIMP. Para conseguirlo, se necesitaría valorar el perfil de cada jugador de la plantilla en cuanto a sus relaciones entre la elevación fraccional de la frecuencia cardíaca y la concentración de lactato sanguíneo obtenidas mediante un protocolo de naturaleza intermitente.

- La combinación de tecnología GPS junto con análisis de FC parece ser la mejor solución para conseguir la integración de valores tanto de carga interna como externa (Alexandre, et al., 2012). La investigación con GPS debería avanzar hacia el análisis de los esfuerzos en entrenamientos, con el objetivo de comprobar si éstos consiguen acercarse a las demandas de la competición, algo que ya se ha estudiado en deportes como fútbol australiano, rugby o hockey (Aughey, 2011).

- Estudiar las relaciones entre la cantidad de carga ejecutada y los factores de rendimiento del deporte debería ser un objetivo prioritario. La frontera que separa los impulsos óptimos de entrenamiento de la cantidad de impulsos que podría deteriorar el rendimiento, es muy estrecha (Achten & Jeukendrup, 2003). Por ejemplo, tras una pretemporada con futbolistas profesionales de élite, se ha establecido como dosis óptima de entrenamiento la cantidad de 500 unidades arbitrarias (valores de TRIMPi, obtenidos tras protocolo de valoración individualizado. Tabla 1), para garantizar un adecuado desarrollo de las variables relacionadas con el rendimiento aeróbico de los futbolistas (Vincenzo, Antonio, Maria, Ivan, & Carlo, 2012)

- La investigación debe seguir avanzando en este campo. El estudio de nuevas variables de rendimiento mediante los protocolos de valoración adecuados, podría proporcionar

información valiosa para individualizar y optimizar el rendimiento de los futbolistas. Por ejemplo, la valoración del CMJ durante la temporada competitiva en pruebas atléticas de saltos y velocidad, ha mostrado ser un método de control efectivo, mostrándose como un buen predictor del rendimiento del atleta en esas pruebas (Jiménez-Reyes & González-Badillo, 2011). Estudiar su posible aplicación a deportes colectivos como el fútbol, podría aportar una nueva perspectiva para el control del entrenamiento en éste deporte. 



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med*, 33(7), 517-538.
- Akubat, I., & Abt, G. (2011). Intermittent exercise alters the heart rate-blood lactate relationship used for calculating the training impulse (TRIMP) in team sport players. *J Sci Med Sport*, 14(3), 249-253.
- Alexandre, D., da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong, D. P., Natali, A. J., De Lima, J. R., . . . Karim, C. (2012). Heart Rate Monitoring in Soccer: Interest and Limits During Competitive Match Play and Training, Practical Application. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2890-2906.
- Alexiou, H., & Coutts, A. J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(3), 320-330.
- Aughey, R. J. (2011). Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3), 295-310.





- Banister, E. W., & Calvert, T. W. (1980). Planning for future performance: implications for long term training. *Can J Appl Sport Sci*, 5(3), 170-176.
- Banister EW. Modeling elite athletic performance. In: Green HJ, McDougal JD, Wenger HA, eds. *Physiological Testing of Elite Athletes*. Champaign, Illinois: *Human Kinetics*; 1991:403-424.
- Borg, G., Hassmen, P., & Lagerstrom, M. (1987). Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 56(6), 679-685.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int J Sports Physiol Perform*, 3(1), 16-30.
- Brink, M. S., Nederhof, E., Visscher, C., Schmikli, S. L., & Lemmink, K. A. (2010). Monitoring load, recovery, and performance in young elite soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(3), 597-603.
- Casamichana, D., Castellano, J., Calleja, J., Roman, J. S., & Castagna, C. (2012). Relationship between Indicators of Training Load in Soccer Players. *J Strength Cond Res*.
- Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2007). Validation of power measurement techniques in dynamic lower body resistance exercises. *J Appl Biomech*, 23(2), 103-118.
- Coutts, A. J., & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport*, 13(1), 133-135.
- Desgorges, F. D., Senegas, X., Garcia, J., Decker, L., & Noirez, P. (2007). Methods to quantify intermittent exercises. *Appl Physiol Nutr Metab*, 32(4), 762-769.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschann, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med*, 28(3), 222-227.
- Edwards S. High performance training and racing. In: Edwards S, ed. *The Heart Rate Monitor Book*. 8th ed. Sacramento, CA: *Feet Fleet Press*; 1993:113-123.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-115.
- González-Badillo, J. J., & Ribas, J. (2002) *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. Barcelona: INDE.
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med*, 31(5), 347-352.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and strength training for soccer players: physiological considerations. *Sports Med*, 34(3), 165-180.
- Iaia, F. M., Rampinini, E., & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 4(3), 291-306.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(6), 1042-1047.
- Jiménez-Reyes, P., & González-Badillo, J. J. (2011). *Control de la carga de entrenamiento a través del CMJ en pruebas de velocidad y saltos para optimizar el rendimiento deportivo en atletismo*. CCD, 6(18), 207-217.
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports Med*, 5(5), 303-311.
- Karvonen, M. J., Kentala, E., & Mustala, O. (1957). The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*, 35(3), 307-315.
- Knuttgen, H. G. (2007). Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. *J Strength Cond Res*, 21(3), 973-978.
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Scott, B. R., & Janse de Jonge, X. A. (2012). Quantifying session ratings of perceived exertion for field-based speed training methods in team sport athletes. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2721-2728.
- López-Segovia, M., Palao Andres, J. M., & González-Badillo, J. J. (2010). Effect of 4 months of training on aerobic power, strength, and acceleration in two under-19 soccer teams. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2705-2714.
- Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'Ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 41(11), 2090-2096.
- Owen, A. L., Wong del, P., Paul, D., & Dellal, A. (2012). Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *J Strength Cond Res*, 26(10), 2748-2754.
- Portas, M. D., Harley, J. A., Barnes, C. A., & Rush, C. J. (2010). The validity and reliability of 1-Hz and 5-Hz global positioning systems for linear, multidirectional, and soccer-specific activities. *Int J Sports Physiol Perform*, 5(4), 448-458.
- Randers, M. B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: a comparative study. *J Sports Sci*, 28(2), 171-182.
- Rebello, A., Brito, J., Seabra, A., Oliveira, J., Drust, B., & Krustup, P. (2012). A new tool to measure training load in soccer training and match play. *Int J Sports Med*, 33(4), 297-304.
- Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 43(9), 1725-1734.
- Stagno, K. M., Thatcher, R., & van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci*, 25(6), 629-634.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med*, 35(6), 501-536.
- Vincenzo, M., Antonio, B., Maria, I. F., Ivan, C., & Carlo, C. (2012). Individual training-load and aerobic-fitness variables in premiership soccer players during the pre-competitive season. *J Strength Cond Res*.
- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*, 38(3), 285-288.
- Ziogas, G. G., Patras, K. N., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2011). Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during pre-season. *J Strength Cond Res*, 25(2), 414-419.

# **PUBLICACIÓN 2**

## **(ANEXO 2)**

**Comparison of the effect of repeated-sprint training combined with two different methods of strength training on young soccer players**

Campos-Vazquez, M.A.; Romero Boza, S.; Toscano-Bendala, F.J.; Leon-Prados, J.A.; Suarez-Arrones, L. & Gonzalez-Jurado, J.A. (2015). Journal of Strength and Conditioning Research 29(3): 744-51

# COMPARISON OF THE EFFECT OF REPEATED-SPRINT TRAINING COMBINED WITH TWO DIFFERENT METHODS OF STRENGTH TRAINING ON YOUNG SOCCER PLAYERS

MIGUEL A. CAMPOS-VAZQUEZ,<sup>1</sup> SERGIO ROMERO-BOZA,<sup>2</sup> FRANCISCO J. TOSCANO-BENDALA,<sup>3</sup>  
JUAN A. LEON-PRADOS,<sup>1</sup> LUIS J. SUAREZ-ARRONES,<sup>1</sup> AND JOSE A. GONZALEZ-JURADO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Sport Sciences, Pablo de Olavide University, Seville, Spain; <sup>2</sup>Faculty of Education Sciences, University of Seville, Seville, Spain; <sup>3</sup>Faculty of Sport Sciences, San Antonio Catholic University, Murcia, Spain

## ABSTRACT

Campos-Vazquez, MA, Boza, SR, Toscano-Bendala, FJ, Leon-Prados, JA, Suarez-Arrones, L, and Gonzalez-Jurado, JA. Comparison of the effect of repeated-sprint training combined with two different methods of strength training on young soccer players. *J Strength Cond Res* 29(3): 744–751, 2015—The aim of this study was to assess the effect of combining repeated-sprint training with 2 different methods of muscle strength training on physical performance variables in young players. Twenty-one soccer players with mean ( $\pm$ SD) age of 18.1 ( $\pm$ 0.8) years, weight 69.9 ( $\pm$ 6.5) kg, and height 177.1 ( $\pm$ 5.7) cm, and competing in U-19 category, were randomly assigned to 2 experimental groups: squat group (SG:  $n = 10$ ) and take-off group (TG:  $n = 11$ ). Intervention in both groups consisted of the combination of a weekly session of repeated-sprint training (the same for both groups), with 2 weekly sessions of strength training (different for each group), for 8 weeks in the final period of the season. The strength sessions for the SG consisted of conducting a series of full squats executed at maximum velocity in the concentric phase. Intervention in the TG was the performance of 2 specific strength exercises (take-offs and change of direction), with measurements taken before and after consideration of the following variables: repeated-sprint ability (RSA), yo-yo intermittent recovery test level 1 (YYIRT1), countermovement jump (CMJ), and average velocity in full squat progressive loads test. The SG improved CMJ height in 5.28% ( $p \leq 0.05$ ) and  $FS_{37.5-47.5-67.5}$  ( $p \leq 0.05$ ), whereas the TG improved  $FS_{17.5-27.5-37.5-47.5-67.5}$  ( $p \leq 0.05$ ). There were no significant changes in the values of RSA or YYIRT1 in either group. The results seem to show that the combination of a weekly session of repeated-sprint training with 2

weekly sessions of strength training could be an insufficient stimulus to improve RSA in the final period of the season.

**KEY WORDS** full squat, repeated-sprint ability, performance, CMJ, yo-yo intermittent recovery test

## INTRODUCTION

Soccer is a team sport where performance depends on several physical abilities, as well as other technical and tactical skills (35). The physiological requirements of competition are of an intermittent nature (13,39) and of high intensity (20). Furthermore, because of match duration, soccer is a sport that is dependent on aerobic metabolism (3). However, despite this aerobic context, the most decisive actions of the competition (short sprints, tackles, jumps, shots and kicks, or individual confrontations) occur at the expense of the anaerobic metabolism (19,21,34). On average, during competition, there are 2–4 seconds of sprint time every 90 seconds (34), yet this sprint density would be insufficient to compromise performance because recovery time is quite broad. However, other types of exertion are required in these recoveries, such as eccentric contractions, changes of direction, or running at different intensities, which can lead to fatigue (32).

Moreover, because of the unpredictable nature of the dynamics of effort in competition (14), these actions cannot occur in isolation during a match, so that short periods where several sprints may occur in the same short period can have a potential impact on the result if the body is not prepared for it (32). Therefore, and as a result of the analysis of the characteristics of competition, in recent years, a new method of training in team sports has begun to show its effectiveness on improving specific performance. This is the so-called repeated-sprint ability (RSA). The study of this performance variable is relatively new because the first publications concerning scientific knowledge of RSA (1,36), evaluation protocols (5,38), and training for improvement in sports populations (33) date back to the past 10–15 years. The method is based on the execution of several short sprints (<6 seconds) with very short recovery periods

Address correspondence to Jose A. Gonzalez-Jurado, [jagonjur@upo.es](mailto:jagonjur@upo.es).  
29(3)/744–751

*Journal of Strength and Conditioning Research*  
© 2015 National Strength and Conditioning Association

(<30 seconds) (28), although some authors considered sprints up to 10 seconds with recovery periods lower than 60 seconds (16). The RSA method seeks a metabolic response similar to that which occurs during a soccer game, such as a decrease in the pH, Phosphocreatine (PC) and Adenosine Triphosphate (ATP), activation of anaerobic glycolysis, and a significant participation of anaerobic metabolism (15).

To achieve a good performance in soccer, power and muscular strength, aerobic endurance, and RSA have to achieve optimal development (29). To date, no working method that can be considered the best for increasing performance in RSA (4) has been found because of the high number of factors (of both neural and muscular origin) involved in the fatigue of this type of activity (16). A recent publication (4) recommends the concurrent implementation of different forms of training, among which are training exercises to improve sprint performance (specific sprint training, strength/power training), and programs of high-intensity interval training to improve recovery ability between sprints. However, there is some controversy as to whether proposals of repeating sprint prove successful in improving RSA (4,7). The similarity between the protocols of assessment and training could overestimate improvements in RSA, possibly obtained by improving the skill of change of direction (COD), included in many training protocols and assessment of RSA (7). Therefore, a new research field was required for fitness coaches and sports scientists to enable them to find the most efficient combination of training methods (muscle/power strength training, high-intensity interval training, repeated-sprint training) for improving RSA and other physical performance variables in soccer players.

Because maximum strength has a high correlation with performance in sprints of 10 m ( $r = 0.94$ ;  $p < 0.001$ ) and 30 m ( $r = 0.71$ ;  $p < 0.01$ ) in elite soccer players (37), training programs to improve strength could help to improve levels of speed and even RSA in soccer players. Some studies with soccer players have used various training protocols to improve strength, which included exercises, such as half squat (6,11,30); the combination of full squat (FS) and different types of jumps (17,24); or explosive exercises conducted on the field of play (8). Most of these studies were conducted during preseason or in the initial phase of the competition period.

The aim of our study was to assess the effect of combining repeated-sprint training with 2 different methods of muscle strength training on RSA and other physical performance variables in elite youth soccer players.

## METHODS

### Experimental Approach to the Problem

We used a quasi-experimental design in which participants were assigned to 2 experimental groups by balanced randomization according to the average time obtained in the RSA test (given the importance of this variable in the study and their acceptable reliability, both absolute and

relative) (22): squat group (SG,  $n = 10$ ) and take-off group (TG,  $n = 11$ ).

The intervention program of each group was added to the usual training routines. Teams trained for 4 sessions (1.5–2 hours) a week. The intervention period lasted for 8 weeks: the last 2 weeks of official competitions plus 6 weeks in the postcompetition period. All measurements were taken before and after the intervention period and were performed in the gym and on an artificial turf field (depending on the test). Three sessions a week, during 2 consecutive weeks to perform all assessments were carried out.

### Subjects

The study initially involved 21 players, with mean ( $\pm SD$ ) age of 18.1 ( $\pm 0.8$ ) years (range: 16–19 years), weight 69.9 ( $\pm 6.5$ ) kg, height 177.1 ( $\pm 5.7$ ) cm, and  $\sum 6$  skinfolds 53.7 ( $\pm 11.7$ ). Players belonged to a youth team that competes in the top Spanish U-19 category, with all players having a minimum experience of 5 seasons in official competitions. The anthropometric characteristics of the subjects in each group are presented in Table 1.

All subjects and their parents were informed in advance about the purpose of the study and the type of evidence to be submitted. Each of the players and their parents or guardians gave their informed consent following the recommendations of the Declaration of Helsinki. The study was approved by the IRB.

### Procedures

**Training Intervention.** Both groups performed a weekly session of repeated-sprint training (the same for both groups) and 2 weekly sessions of strength training (different for each experimental group) detailed below.

The repeated-sprint training consisted of sets of 30- or 40-m shuttle sprints (20 + 20 m or 15 + 15 m, depending on the moment of the intervention period), with 20 seconds of passive recovery between sets and 3 minutes between blocks of sets. The total volume per session progressed from 360 to 720 m in the last training sessions (Table 2).

The strength sessions for the SG were held in the gym and consisted of performing FS sets (on a Smith machine).

**TABLE 1.** Anthropometric characteristics of the players.\*

Variables	SG ( $n = 10$ )	TG ( $n = 11$ )
Age (y)	18.0 $\pm$ 0.9	18.2 $\pm$ 0.7
Height (cm)	177.9 $\pm$ 4.8	176.2 $\pm$ 6.8
Body mass (kg)	70.6 $\pm$ 5.0	69.4 $\pm$ 7.8
Skinfolds (mm)	56.4 $\pm$ 11.1	50.9 $\pm$ 12.5

\*SG = group squat; TG = group take-offs; skinfolds = sum of 6 skinfolds (triceps, subscapular, suprailiac, abdominal, front thigh, and medial calf).

**TABLE 2.** Training program during the intervention period.\*

	RSE (All)	Strength training (SG)		Strength training (TG)	
	Wednesday	Tuesday and Thursday		Tuesday and Thursday	
	(S × R × D)	FS, velocity (m·s <sup>-1</sup> )	S × R	COD (kg/S × T)	TO (kg/S × D)
Wk 1	2 × 6 × 30	1.1	3–4 × 6	0/2–3 × 5	5/2–3 × 15
Wk 2	2 × 6 × 40	1.1	4–5 × 6	0/3 × 5	5/2–3 × 15
Wk 3	3 × 6 × 30	1.0	4 × 6	5/2–3 × 5	7.5/2–3 × 15
Wk 4	3 × 6 × 40	1.0	5 × 6	5/3 × 5	7.5/3 × 15
Wk 5	2 × 8 × 30	0.9	4 × 4	7.5/3 × 5	10/2 × 15
Wk 6	3 × 8 × 30	0.9	4–5 × 4	7.5/3 × 5	10/3 × 15
Wk 7	3 × 6 × 40	0.8	4 × 3	10/2–3 × 5	10/2 × 20
Wk 8	3 × 6 × 40	0.8	4 × 3	10/2–3 × 5	10/3 × 20

\*SG = squat group; TG = take-off group; S × R × D = sets × repetitions × distance (m); FS = full squat; S × R = sets × repetitions; COD (kg/S × T) = changes of direction (kg/sets × time [s]); TO (kg/S × D) = take-offs (kg/sets × distance [m]).

Players were required to execute the concentric phase in an explosive manner at the maximum possible velocity (37). The proposed loads were individualized for each subject from his individual load-velocity profile (data from test “Mean Velocity in Full Squat,” explained below), progressing from loads of 1.1 m·s<sup>-1</sup> mean velocity to loads of 0.8 m·s<sup>-1</sup> in the last weeks of training (Table 2). A specific warm-up was followed by the number of sets and repetitions scheduled for each week, with 3 minutes of recovery between sets.

The strength session for the TG took place on the training field (artificial turf) and consisted of 2 specific strength exercises: displacements with loads with COD and take-offs with resisted sled towing (TO), in that order. Changes of direction were performed on 2 attached squares of 8 m side length. Within this area, the subjects had to perform displacements at maximum speed (running forward or backward), changing direction at each corner of the square for 5 seconds.

The proposed loads for these exercises progressed from 0 to 10 kg in COD and from 5 to 10 kg in the TO exercises (Table 2). Specific warm-ups were followed by the number of sets and repetitions scheduled for each week, with 2.5 minutes of recovery between sets. The duration of strength training was the same for both groups (SG and TG).

Players had no previous experience either in RSA training or in the performance of the strength exercises proposed for each of the groups. In addition, no specific training to improve strength qualities or endurance was carried out, apart from what was included in the intervention. The rest of the daily training was completed exclusively with technical and tactical content tasks for the whole team: small-sided games with goals and goal keepers (5 vs. 5/6 vs. 6) and tactical training (11 vs. 11) in a regulation soccer field with

the aim of assimilating the game model implemented by the team coach.

**Tests.** **Anthropometric Assessments.** Body weight, height, and the sum of 6 skinfolds (27) (Harpender Skinfold Caliper; Holtain, Crosswell, Wales, United Kingdom) were assessed in the medical ward before the first fitness test session.

### Countermovement

**Jump Test.** After a specific warm-up, 3 unique jumps were performed on the dynamometric platform (Quattro Jump; Kistler, Amherst, NY, USA) with approximately a 2-minute rest between each jump. The mean of the 3 jumps performed

was taken so as to minimize the possible error of incorrectly executed jumps because of lack of previous experience in this exercise. If, in the judgment of the evaluator, any of the jumps were executed with obvious technical inaccuracies, the exercise was repeated after the advised recovery time.

**Repeated-Sprint Ability.** The RSA test on artificial turf was proposed by Impellizzeri et al. (22). After countermovement jump (CMJ) test, the players had a 15- to 30-minute rest, then performed a specific warm-up and after a 5-minute recovery they performed the RSA test, which consisted of six 40 m (20 + 20) shuttle sprints with 20 seconds of passive recovery between each (22). Each of the repetition times was measured by a photoelectric cell system (Polifermo Light Radio; Microgate, Bolzano-Bozen, Italy), and subsequently, the best time registered in any of the 6 sprints (RSA<sub>best</sub>) and the mean time (RSA<sub>mean</sub>) were calculated. It was decided not to use the RSA<sub>decrement</sub> because of its high coefficients of variation (CV = 30.2%) and low intraclass correlation coefficient (ICC = 0.17) (22).

**Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1.** To assess the intermittent exercise capacity of the players, the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 (YYIRT1) (2) was performed. Every player was monitored with a heart rate monitor (Polar Team Sport System; Polar Electro, Kempele, Finlandia), and maximal heart rate was assessed at the conclusion of the test (Pretest: 193.5 ± 8.7 b·min<sup>-1</sup>; Posttest: 195.1 ± 7.5 b·min<sup>-1</sup>), and the total distance covered, including the last non-completed period.

**Mean Velocity in Full Squat.** The average velocity in the concentric phase of the FS for each of the loads used was measured. The reliability of the test (ICC) ranged between 0.76 for the lower loads (FS 17.5) and 0.91 for the higher



**TABLE 3.** Intragroup differences (squat group).\*

Variables	n	Pre (mean ± SD)	Post (mean ± SD)	Change† (mean ± SD)	95% CI	Effect size	Magnitude
YYIRT1 (m)	7	2297 ± 302	2377 ± 548	80 ± 324.1	−219.8 to 379.8	0.15	Trivial
RSA <sub>best</sub> (s)	9	6.99 ± 0.11	6.97 ± 0.09	−0.02 ± 0.07	−0.07 to 0.03	−0.21	Small
RSA <sub>mean</sub> (s)	9	7.40 ± 0.18	7.36 ± 0.14	−0.04 ± 0.14	−0.15 to 0.07	−0.29	Small
CMJ (cm)	9	43.8 ± 6.9	45.9 ± 5.8	2 ± 2.6†	−0.002 to 4.07	0.36	Small
FS 17.5 (m·s <sup>−1</sup> )	8	1.26 ± 0.06	1.28 ± 0.06	0.02 ± 0.06	−0.03 to 0.08	0.31	Small
FS 27.5 (m·s <sup>−1</sup> )	8	1.18 ± 0.05	1.20 ± 0.05	0.03 ± 0.06	−0.02 to 0.07	0.34	Small
FS 37.5 (m·s <sup>−1</sup> )	8	1.07 ± 0.04	1.12 ± 0.07	0.06 ± 0.05†	0.01 to 0.1	0.74	Medium
FS 47.5 (m·s <sup>−1</sup> )	8	0.98 ± 0.03	1.03 ± 0.06	0.06 ± 0.04†	0.02 to 0.09	0.77	Medium
FS 57.5 (m·s <sup>−1</sup> )	8	0.88 ± 0.06	0.92 ± 0.08	0.04 ± 0.05	−0.004 to 0.08	0.47	Medium
FS 67.5 (m·s <sup>−1</sup> )	7	0.77 ± 0.06	0.83 ± 0.07	0.06 ± 0.04†	0.02 to 0.1	0.9	Large
FS 77.5 (m·s <sup>−1</sup> )	3	0.72 ± 0.08	0.75 ± 0.1	0.02 ± 0.1	−0.24 to 0.28	0.29	Small
∑Skinfolds (mm)	9	56.4 ± 11.1	53.4 ± 11.5	−3.9 ± 4.58	−7.42 to −0.38	−0.26	Small
Weight (kg)	9	70.6 ± 5.02	69.6 ± 4.63	−1.28 ± 1.65	−2.25 to −0.01	−0.22	Small

\*CI = confidence interval; YYIRT1 = distance covered in yo-yo intermittent recovery test level 1; RSA = repeated-sprint ability; RSA<sub>best</sub>/RSA<sub>mean</sub> = time in RSA<sub>best</sub>/RSA<sub>mean</sub>; CMJ = height achieved in countermovement jump; FS “X” = average velocity in full squat with “X” load; ∑skinfolds = summation of 6 skinfolds; weight = body weight.

†p ≤ 0.05 (T-test of Wilcoxon).

ones (FS 77.5). The CV ranged between 2.6 and 3.7%. This was evaluated by a lineal velocity encoder (SmartCoach Power Encoder; SmartCoach Europe AB, Stockholm, Sweden) commonly used for strength training monitoring (25,26). The device has a throughput data rate of 100 Hz, and each sample has a measurement error below 0.5% for velocities between 0 and 3 m·s<sup>−1</sup>. The test was performed in

the gym, on a Smith Machine, and was preceded by a warm-up (continuous on field running, joint mobility, and 1 set of 6 repetitions of FS with low load: 17.5 kg) followed by 4-minute recovery. Initial load was 17.5 kg for all players and was gradually increased in loads of 10 kg until the mean velocity of the concentric phase was less than 0.8 m·s<sup>−1</sup>. Players were required to execute the concentric phase in

**TABLE 4.** Intragroup differences (take-off group).\*

Variables	n	Pre (mean ± SD)	Post (mean ± SD)	Change† (mean ± SD)	95% CI	Effect size	Magnitude
YYIRT1 (m)	8	2145 ± 461.5	2055 ± 571.3	−90 ± 200.3	−257.4 to 77.4	−0.16	Trivial
RSA <sub>best</sub> (s)	9	7.07 ± 0.18	7.06 ± 0.14	−0.01 ± 0.14	−0.12 to 0.1	−0.07	Trivial
RSA <sub>mean</sub> (s)	9	7.42 ± 0.15	7.39 ± 0.16	−0.03 ± 0.08	−0.09 to 0.03	−0.19	Trivial
CMJ (cm)	10	43.3 ± 4.33	44.8 ± 5.21	1.4 ± 3.1	−0.8 to 3.68	0.29	Small
FS 17.5 (m·s <sup>−1</sup> )	10	1.19 ± 0.08	1.28 ± 0.06	0.09 ± 0.08†	0.04 to 0.15	1.36	Large
FS 27.5 (m·s <sup>−1</sup> )	10	1.13 ± 0.07	1.19 ± 0.09	0.06 ± 0.08†	0.003 to 0.12	0.67	Medium
FS 37.5 (m·s <sup>−1</sup> )	10	1.04 ± 0.07	1.10 ± 0.06	0.06 ± 0.07†	0.01 to 0.11	0.57	Medium
FS 47.5 (m·s <sup>−1</sup> )	10	0.92 ± 0.08	0.99 ± 0.1	0.07 ± 0.05†	0.04 to 0.1	0.67	Medium
FS 57.5 (m·s <sup>−1</sup> )	9	0.87 ± 0.07	0.92 ± 0.1	0.05 ± 0.06	−0.00 to 0.09	0.48	Medium
FS 67.5 (m·s <sup>−1</sup> )	7	0.80 ± 0.07	0.86 ± 0.08	0.06 ± 0.06†	0.01 to 0.11	0.69	Medium
FS 77.5 (m·s <sup>−1</sup> )	4	0.81 ± 0.04	0.84 ± 0.07	0.03 ± 0.04	−0.03 to 0.09	0.44	Medium
∑Skinfolds (mm)	11	50.9 ± 12.5	49.3 ± 9.9	−1.57 ± 5.15	−5.03 to 1.89	−0.16	Trivial
Weight (kg)	11	69.4 ± 7.8	68.9 ± 7.4	−0.48 ± 1.76	−1.67 to 0.7	−0.07	Trivial

\*CI = confidence interval; YYIRT1 = distance covered in yo-yo intermittent recovery test level 1; RSA = repeated-sprint ability; RSA<sub>best</sub>/RSA<sub>mean</sub> = time in RSA<sub>best</sub>/RSA<sub>mean</sub>; CMJ = height achieved in countermovement jump; FS “X” = average velocity in full squat with “X” load; ∑skinfolds = summation of 6 skinfolds; weight = body weight.

†p ≤ 0.05 (T-test of Wilcoxon).

**TABLE 5.** Between-group differences.\*

Variables	Change SG (mean $\pm$ SD)	Change TG (mean $\pm$ SD)	Difference† (mean $\pm$ SE)	95% CI	Effect size	Magnitude
YYIRT1 (m)	80 $\pm$ 324.1	-90 $\pm$ 200.3	170 $\pm$ 137	-126 to 466	0.60	Medium
RSA <sub>best</sub> (s)	-0.02 $\pm$ 0.07	-0.01 $\pm$ 0.14	-0.01 $\pm$ 0.05	-0.12 to 0.1	-0.09	Trivial
RSA <sub>mean</sub> (s)	-0.04 $\pm$ 0.14	-0.03 $\pm$ 0.08	-0.01 $\pm$ 0.06	-0.13 to 0.11	-0.08	Trivial
CMJ (cm)	2 $\pm$ 2.6	1.4 $\pm$ 3.1	0.59 $\pm$ 1.34	-2.23 to 3.42	0.19	Trivial
FS 17.5 (m·s <sup>-1</sup> )	0.02 $\pm$ 0.06	0.09 $\pm$ 0.08	-0.07 $\pm$ 0.03	-0.14 to 0.00	-0.92	Large
FS 27.5 (m·s <sup>-1</sup> )	0.03 $\pm$ 0.06	0.06 $\pm$ 0.08	-0.03 $\pm$ 0.03	-0.11 to 0.04	-0.39	Small
FS 37.5 (m·s <sup>-1</sup> )	0.06 $\pm$ 0.05	0.06 $\pm$ 0.07	-0.01 $\pm$ 0.03	-0.07 to 0.06	-0.00	Trivial
FS 47.5 (m·s <sup>-1</sup> )	0.06 $\pm$ 0.04	0.07 $\pm$ 0.05	-0.01 $\pm$ 0.02	-0.06 to 0.03	-0.21	Small
FS 57.5 (m·s <sup>-1</sup> )	0.04 $\pm$ 0.05	0.05 $\pm$ 0.06	-0.01 $\pm$ 0.03	-0.07 to 0.05	-0.17	Trivial
FS 67.5 (m·s <sup>-1</sup> )	0.06 $\pm$ 0.04	0.06 $\pm$ 0.06	0.00 $\pm$ 0.03	-0.05 to 0.06	0.00	Trivial
FS 77.5 (m·s <sup>-1</sup> )	0.02 $\pm$ 0.1	0.03 $\pm$ 0.04	0.00 $\pm$ 0.06	-0.24 to 0.23	0.12	Trivial
$\Sigma$ Skinfolds (mm)	-3.9 $\pm$ 4.58	-1.57 $\pm$ 5.15	-2.33 $\pm$ 2.2	-6.96 to 2.31	-0.45	Small
Weight (kg)	-1.28 $\pm$ 1.65	-0.48 $\pm$ 1.76	-0.8 $\pm$ 0.77	-2.41 to 0.82	-0.44	Small

\*SG = squat group; TG = take-off group; CI = confidence interval; YYIRT1 = distance covered in yo-yo intermittent recovery test level 1; RSA = repeated-sprint ability; RSA<sub>best</sub>/RSA<sub>mean</sub> = time in RSA<sub>best</sub>/RSA<sub>mean</sub>; CMJ = height achieved in countermovement jump; FS "X" = average velocity in full squat with "X" load;  $\Sigma$  skinfolds = summation of 6 skinfolds; weight = body weight; SE = difference standard error.

†Showed no statistically significant differences between groups (*T*-test or Mann-Whitney *U*-test).

an explosive manner at maximal possible velocity. The number of repetitions for each load varied, depending on the velocity with which the first repetition was performed. If it was greater than 0.9 m·s<sup>-1</sup>, 3 repetitions were performed, and if it was less, 2 repetitions were performed (24). The best of them, according to the criteria of fastest mean velocity, were considered for subsequent analysis. Recovery time between loads was 4 minutes. Table 2 shows in detail the training velocities that were applied during the intervention period.

Players were warned not to do any vigorous exercise 24 hours in advance of the assessment sessions. For FS test, a mid-assessment intervention protocol was executed to adjust the workload's progression in the final phase of the investigations for SG, in line with possible improvements achieved in the first weeks of training.

#### Statistical Analyses

Statistical Analyses were conducted with the PASW Statistics 18 software. The Shapiro-Wilk test was performed to establish the normality of each variable and the Levene's test for homogeneity of variance in intergroup comparison. To compare the differences between pretest and posttest, a paired sample *T*-test was conducted (when the variables were consistent with a normal distribution) or, otherwise, the nonparametric Wilcoxon test. For intergroup comparisons, an independent sample *T*-test was conducted for the variables consistent with a normal distribution and homoscedasticity condition, whereas for all other variables, the Mann-Whitney *U*-test was conducted. The effect size (ES) was calculated for all comparisons made, according to the procedure proposed by Cohen (12), considering the

following criteria: >0.2 (small), >0.5 (medium), and >0.8 (large). The significance level was set to a value of  $p \leq 0.05$ , and the confidence limits of 95% were calculated for all measures.

#### RESULTS

The results of intragroup comparison are shown in Tables 3 and 4. In the SG, significant improvements were obtained for the following variables: CMJ ( $p = 0.050$ ); FS<sub>37.5</sub> ( $p = 0.018$ ); FS<sub>47.5</sub> ( $p = 0.007$ ); and FS<sub>67.5</sub> ( $p = 0.008$ , large ES) (Table 3).

In the TG, significant improvements were obtained in the following cases: FS<sub>17.5</sub> ( $p = 0.004$ ; large ES); FS<sub>27.5</sub> ( $p = 0.040$ ); FS<sub>37.5</sub> ( $p = 0.019$ ); FS<sub>47.5</sub> ( $p = 0.001$ ); and FS<sub>67.5</sub> ( $p = 0.035$ ) (Table 4).

The results of the intergroup comparisons showed no statistically significant differences, with the exception of FS<sub>17.5</sub>, which was substantially greater in the TG (large ES) (Table 5).

#### DISCUSSION

The aim of the present study was to assess the effect of combining repeated-sprint training with 2 different methods of muscle strength training on RSA. The main findings of the present study were that similar results were obtained in both groups in almost all variables. This may show that despite using different strength training methods, the adaptations achieved were very similar.

The research results showed no statistically significant changes in RSA<sub>best</sub> and RSA<sub>mean</sub> for either of the 2 groups (Tables 3 and 4). A similar study published recently also

failed to improve  $RSA_{mean}$  through 1 weekly repeated-sprint training program in female soccer players during the in-season period (31). The ineffectiveness of repeated-sprint training to improve RSA (4,7) has recently been discussed, although some studies have shown that training with repeated sprints showed important improvements in  $RSA_{mean}$  achieved through once- (35) or twice-weekly repeated-sprint training sessions (15); also, statistically significant improvements are achieved in both variables ( $RSA_{mean}$  and  $RSA_{best}$ ) through a single weekly session (8). All these studies were conducted in the initial phase of the competitive season, whereas ours took place in the postcompetition period. It is possible that fatigue accumulated in the first part of the competitive season could reduce performance in RSA (22), in conjunction with the end of the competitive period, which would explain the lack of significant improvement in our study.

According to Ferrari Bravo et al. (15), improvements in  $RSA_{mean}$  could reflect increases in the anaerobic metabolism as a determining factor of performance in RSA. In our study, the overloads demanded in strength training were low to medium, and recovery periods between sets were long (ranging from 2.5 to 3 minutes, to allow full recovery of PC deposits), and it is possible that these overloads are not sufficient to improve RSA. Strength training that has shown its effectiveness in improving RSA was performed with high overload (4). Moreover, the authors of the aforementioned systematic RSA review comment on the possibility of reducing recovery time between sets (up to 20 seconds), with the aim of including a high metabolic load (blood lactate concentration greater than  $10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ ), to stimulate a significant RSA improvement in the regulations of  $H^+$ . However, the training effects of the different proposals could be determined by the period of the season in which they are applied.

Despite repeated-sprint training seeming unable to improve jumping ability in soccer players (15), the training program applied in this research included explosive strength exercises in both groups. However, only the SG managed to improve its CMJ in a statistically significant way (5.28%;  $p \leq 0.05$ ). These improvements in the SG were similar to those obtained by other studies with young players (17,24) using as a training tool the FS with low-to-medium load mobilized at maximum velocity in its concentric phase. The TG included explosive strength exercises such as TO and COD overloaded, but none specifically for improving the jumps, which could limit possible improvements in the CMJ.

One of the findings of this study was the improvement in both experimental groups in virtually all loads mobilized in the squat exercises. The SG improved average velocities in 3 loads ( $FS_{37.5-47.5-67.5}$ ; Table 3), a fact which could be expected given the high volume of training with the squat exercise included in the weekly routine. Improvements in this group were always higher for loads that were mobilized at velocities less than  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , being less effective when high concentration velocities were required. This may be because of

the fact that during the 8-week intervention, there was a higher squat training volume at velocity equal to or less than  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . López-Segovia et al. (24) obtained different results with a similar protocol study, significantly improving the loads that were mobilized at velocities higher than  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . It is also important to consider that the aforementioned study included not only training with squat exercises but also exercises to improve acceleration ability as TO and COD with overload for the full team. However, the TG improved significantly up to 5 loads ( $FS_{17.5-27.5-37.5-47.5-67.5}$ ; Table 4), even though this exercise was not included in the training routines. These results were not expected, and they could demonstrate that it is possible to improve displacement velocity in the FS exercise through other exercises, discarding a learning effect in this group. Improvements were shown both for the loads lifted above and below  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . As for intergroup comparison, there was a substantial difference in improvement for  $FS_{17.5}$  load ( $ES = -0.92$ ) favorable to TG. These results could be because of the overload used by these groups during the experimental period, which ranged between 5 and 10 kg.

Strength improvements were not accompanied by increase in body weight in either of the 2 groups (Tables 3 and 4). In a sport such as soccer, which involves displacement of the full body weight and where accelerations can be decisive in performance, the ability to increase player strength without an increase in body weight should be considered a priority. These gains in strength may have been because of improved neural factors. Studies have reported that this type of adaptation has improved strength levels in soccer players (assessed by 1RM test) (11,18). Although these studies influenced (similarly to our research) load displacement at maximum velocity in the concentric phase, they differed in the application of high loads performed by our protocol (70–100% 1RM). However, increases in the application of strength achieved in our study were not accompanied by improvements in RSA as expected before the intervention. The fact of having completed the competition period could have restricted the potential gains.

Because the ability to perform high-intensity intermittent exercise evaluated by YYIRT1 is not closely associated with the performance in RSA ( $r^2 = 0.19$ ) (10), similar results were not expected in the performance in both tests. Possible positive results were expected in YYIRT1 because of the improvements in the anaerobic systems for the supply of power in both groups because the result in YYIRT1 seems to be influenced both by the aerobic and the anaerobic performance of the athletes (9). However, the results in YYIRT1 of our study did not show significant improvements for either of the 2 groups. There is some controversy regarding the correlation between the performance in YYIRT1 and in  $\dot{V}O_{2max}$  (9,23). Despite the fact that our research did not include training tasks for improving  $\dot{V}O_{2max}$ , a previous study did manage to improve both  $\dot{V}O_{2max}$  and performance in YYIRT1 by RSA training twice a week (15). The

fact that this training was executed at the beginning of the competition season could have facilitated such improvement probably because of the low fitness level of the players in this period. The volume of RSA training included in our study was well below the aforementioned study (15); moreover, the lack of any official competition could explain the absence of any improvement in YYIRT1.

## PRACTICAL APPLICATIONS

According to our results and the analysis of the literature, the weekly combination of a single session of repeated-sprint training with 2 strength sessions seems to be a sufficient stimulus to maintain RSA and the capability to perform high-intensity intermittent exercises; however, it is not enough for improving these capabilities in the final period of the season. The absence of official tournament matches in this phase of the season could have conditioned the results obtained with the training programs carried out. However, the weekly combination of repeated-sprint training with FS in this period did produce a significant statistical improvement in the jumping capacity of the soccer players. Nevertheless, it would be interesting to repeat the study with a larger sample to generalize these conclusions.

## REFERENCES

- Aziz, AR, Chia, M, and Teh, KC. The relationship between maximal oxygen uptake and repeated sprint performance indices in field hockey and soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 40: 195–200, 2000.
- Bangsbo, J, Iaia, FM, and Krustup, P. The yo-yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med* 38: 37–51, 2008.
- Bangsbo, J, Mohr, M, and Krustup, P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci* 24: 665–674, 2006.
- Bishop, D, Girard, O, and Mendez-Villanueva, A. Repeated-sprint ability—Part II: Recommendations for training. *Sports Med* 41: 741–756, 2011.
- Bishop, D, Spencer, M, Duffield, R, and Lawrence, S. The validity of a repeated sprint ability test. *J Sci Med Sport* 4: 19–29, 2001.
- Bogdanis, GC, Papaspyrou, A, Souglis, AG, Theos, A, Sotiropoulos, A, and Maridaki, M. Effects of two different half-squat training programs on fatigue during repeated cycling sprints in soccer players. *J Strength Cond Res* 25: 1849–1856, 2011.
- Buchheit, M. Should we be recommending repeated sprints to improve repeated-sprint performance? *Sports Med* 42: 169–172, 2012; author reply 172–163.
- Buchheit, M, Mendez-Villanueva, A, Delhomel, G, Brughelli, M, and Ahmaidi, S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: Repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *J Strength Cond Res* 24: 2715–2722, 2010.
- Castagna, C, Impellizzeri, FM, Chamari, K, Carlomagno, D, and Rampinini, E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: A correlation study. *J Strength Cond Res* 20: 320–325, 2006.
- Chaouachi, A, Manzi, V, Wong del, P, Chaalali, A, Laurencelle, L, Chamari, K, and Castagna, C. Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *J Strength Cond Res* 24: 2663–2669, 2010.
- Chelly, MS, Fathloun, M, Cherif, N, Ben Amar, M, Tabka, Z, and Van Praagh, E. Effects of a back squat training program on leg power, jump, and sprint performances in junior soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 2241–2249, 2009.
- Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates, 1988. p. 567.
- Di Salvo, V, Baron, R, Tschann, H, Calderon Montero, FJ, Bachl, N, and Pigozzi, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med* 28: 222–227, 2007.
- Di Salvo, V, Gregson, W, Atkinson, G, Tordoff, P, and Drust, B. Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med* 30: 205–212, 2009.
- Ferrari Bravo, D, Impellizzeri, FM, Rampinini, E, Castagna, C, Bishop, D, and Wisloff, U. Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med* 29: 668–674, 2008.
- Girard, O, Mendez-Villanueva, A, and Bishop, D. Repeated-sprint ability—Part I: Factors contributing to fatigue. *Sports Med* 41: 673–694, 2011.
- Gorostiaga, EM, Izquierdo, M, Ruesta, M, Iribarren, J, Gonzalez-Badillo, JJ, and Ibanez, J. Strength training effects on physical performance and serum hormones in young soccer players. *Eur J Appl Physiol* 91: 698–707, 2004.
- Helgerud, J, Rodas, G, Kemi, OJ, and Hoff, J. Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med* 32: 677–682, 2011.
- Hoff, J and Helgerud, J. Endurance and strength training for soccer players: Physiological considerations. *Sports Med* 34: 165–180, 2004.
- Hoff, J, Wisloff, U, Engen, LC, Kemi, OJ, and Helgerud, J. Soccer specific aerobic endurance training. *Br J Sports Med* 36: 218–221, 2002.
- Iaia, FM, Rampinini, E, and Bangsbo, J. High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform* 4: 291–306, 2009.
- Impellizzeri, FM, Rampinini, E, Castagna, C, Bishop, D, Ferrari Bravo, D, Tibaudi, A, and Wisloff, U. Validity of a repeated-sprint test for football. *Int J Sports Med* 29: 899–905, 2008.
- Krustup, P, Mohr, M, Amstrup, T, Rysgaard, T, Johansen, J, Steensberg, A, Pedersen, PK, and Bangsbo, J. The yo-yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. *Med Sci Sports Exerc* 35: 697–705, 2003.
- López-Segovia, M, Palao Andres, JM, and Gonzalez-Badillo, JJ. Effect of 4 months of training on aerobic power, strength, and acceleration in two under-19 soccer teams. *J Strength Cond Res* 24: 2705–2714, 2010.
- Lundberg, TR, Fernandez-Gonzalo, R, Gustafsson, T, and Tesch, PA. Aerobic exercise alters skeletal muscle molecular responses to resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 44: 1680–1688, 2012.
- Lundberg, TR, Fernandez-Gonzalo, R, Gustafsson, T, and Tesch, PA. Aerobic exercise does not compromise muscle hypertrophy response to short-term resistance training. *J Appl Physiol* (1985) 114: 81–89, 2013.
- Mujika, I, Santisteban, J, and Castagna, C. In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 2581–2587, 2009.
- Mujika, I, Spencer, M, Santisteban, J, Goiriena, JJ, and Bishop, D. Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *J Sports Sci* 27: 1581–1590, 2009.
- Owen, AL, Wong del, P, Paul, D, and Dellal, A. Effects of a periodized small-sided game training intervention on physical performance in elite professional soccer. *J Strength Cond Res* 26: 2748–2754, 2012.
- Rønnestad, BR, Nymark, BS, and Raastad, T. Effects of in-season strength maintenance training frequency in professional soccer players. *J Strength Cond Res* 25: 2653–2660, 2011.
- Shalfawi, SA, Haugen, T, Jakobsen, TA, Enoksen, E, and Tonnessen, E. The effect of combined resisted agility and repeated sprint training vs. strength training on female elite soccer players. *J Strength Cond Res* 27: 2966–2972, 2013.
- Spencer, M, Bishop, D, Dawson, B, and Goodman, C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: Specific to field-based team sports. *Sports Med* 35: 1025–1044, 2005.

33. Spencer, M, Bishop, D, and Lawrence, S. Longitudinal assessment of the effects of field-hockey training on repeated sprint ability. *J Sci Med Sport* 7: 323–334, 2004.
34. Stolen, T, Chamari, K, Castagna, C, and Wisloff, U. Physiology of soccer: An update. *Sports Med* 35: 501–536, 2005.
35. Tonnessen, E, Shalfawi, SA, Haugen, T, and Enoksen, E. The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprint speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *J Strength Cond Res* 25: 2364–2370, 2011.
36. Wadley, G and Le Rossignol, P. The relationship between repeated sprint ability and the aerobic and anaerobic energy systems. *J Sci Med Sport* 1: 100–110, 1998.
37. Wisloff, U, Castagna, C, Helgerud, J, Jones, R, and Hoff, J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med* 38: 285–288, 2004.
38. Wragg, CB, Maxwell, NS, and Doust, JH. Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *Eur J Appl Physiol* 83: 77–83, 2000.
39. Ziogas, GG, Patras, KN, Stergiou, N, and Georgoulis, AD. Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *J Strength Cond Res* 25: 414–419, 2011.

# **PUBLICACIÓN 3**

## **(ANEXO 3)**

**Relationship between RPE- and HR-derived measures of internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions**

Campos-Vazquez, M.A.; Mendez-Villanueva, A.; Gonzalez-Jurado, J.A.; Leon-Prados, J.A.; Santalla, A. & Suarez-Arrones, L. (2014). International Journal of Sports Physiology and Performance. Ahead of print.

*Note.* This article will be published in a forthcoming issue of the *International Journal of Sports Physiology and Performance*. The article appears here in its accepted, peer-reviewed form, as it was provided by the submitting author. It has not been copyedited, proofread, or formatted by the publisher.

**Section:** Original Investigation

**Article Title:** Relationships Between RPE- and HR-derived Measures of Internal Training Load in Professional Soccer Players: A Comparison of On-field Integrated Training Sessions

**Authors:** Miguel Angel Campos-Vazquez<sup>1,2</sup>, Alberto Mendez-Villanueva<sup>2</sup>, Jose Antonio Gonzalez-Jurado<sup>3</sup>, Juan Antonio León-Prados<sup>3</sup>, Alfredo Santalla<sup>2,3</sup> and Luis Suarez-Arrones<sup>2,3</sup>

**Affiliations:** <sup>1</sup>Real Club Recreativo de Huelva SAD, Huelva, Spain. <sup>2</sup>Master de Fútbol, Research Department, Pablo de Olavide University, Sevilla, Spain. <sup>3</sup>Faculty of Sport, Pablo de Olavide University, Sevilla, Spain.

**Journal:** *International Journal of Sports Physiology and Performance*

**Acceptance Date:** November 25, 2014

©2014 Human Kinetics, Inc.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2014-0294>

*Title of the Article:*

**Relationships between RPE- and HR-derived measures of internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions**

*Submission Type:* Original Investigation

Miguel Angel Campos-Vazquez<sup>1,2</sup>, Alberto Mendez-Villanueva<sup>2</sup>, Jose Antonio Gonzalez-Jurado<sup>3</sup>, Juan Antonio León-Prados<sup>3</sup>, Alfredo Santalla<sup>2,3</sup> & Luis Suarez-Arrones<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Real Club Recreativo de Huelva SAD, Huelva, Spain*

<sup>2</sup>*Master de Fútbol, Research Department, Pablo de Olavide University, Sevilla, Spain*

<sup>3</sup>*Faculty of Sport, Pablo de Olavide University, Sevilla, Spain*

**Address for correspondence:**

*Luis Suarez Arrones, PhD*  
Faculty of Sport Sciences  
Pablo de Olavide University  
Ctra. de Utrera km 1, 41013, Sevilla, Spain  
Phone: (+34) 652914248; Fax: (+34) 954348377  
E-mail: [ljsumor@upo.es](mailto:ljsumor@upo.es)

*Preferred Running Head:* Internal training load in professional soccer players

*Abstract Word Count:* 249 words

*Test-Only Word Count:* 2833 words

*Number of figures:* 0

*Number of Tables:* 4



## Abstract

**Purpose:** Describe the internal training load (ITL) of common training sessions performed during a typical week and to determine the relationships between different indicators of ITL commonly employed in professional football. **Methods:** Session-RPE TL (sRPE-TL) and HR-derived measurements of ITL as Edward's-TL and Stagno training impulses (TRIMP<sub>MOD</sub>) were used in nine players during three periods of the season. The relationships between them were analyzed in different training sessions during a typical week: Skill Drills/Circuit Training+Small-Sided Games (SCT+SSGs), Ball-Possession Games+Technical-Tactical Exercises (BPG+TTE), Tactical-Training (TT) and Pre-Match activation (PMa). **Results:** HR values obtained during SCT+SSGs and BPG+TTE were substantially greater than the other two sessions, all the ITL markers and session duration were substantially greater in SCT+SSGs than in any other session, and all ITL measures in BPG+TTE were substantially greater than in TT and PMa sessions. Large relationships were found between  $HR_{>80\%}$  and  $HR_{>90\%}$  - sRPE-TL during BPG+TTE and TT sessions ( $r = 0.61$  to  $0.68$ ). Very large relationships were founded between Edward's TL - sRPE-TL and between TRIMP<sub>MOD</sub> - sRPE-TL in sessions with BPG+TTE and TT ( $r = 0.73$  to  $0.87$ ). Correlations between the different HR-based methods were always extremely large ( $r = 0.92$  to  $0.98$ ), and unclear correlations were observed for other relationships between variables. **Conclusion:** Session-RPE provided variable magnitude within-individual correlations with HR-derived measures of training intensity and load during different types of training sessions typically performed during a week in professional soccer. Caution should be applied when using RPE- or HR-derived measures of exercise intensity/load in soccer training interchangeably.

**Keywords:** heart rate, TRIMP, football, quantification

## **Introduction**

The intensified competitive demand of contemporary professional football players challenges coaches' ability to ensure an appropriate balance between training stimuli and recovery <sup>1</sup>. With limited training time and the need to perform at the highest possible level (at least) every weekend, coaches typically prioritize on-field integrated training sessions where match-specific tactical, technical and physical elements are blended. The obvious need to use group training drills often results in marked inter-player differences in physiological responses <sup>2</sup>. That is, for a given training drill/session players can receive complete different training stimulus. While the between-players differences in training stimulus are actually expected when integrated training is performed (e.g., different tactical roles will demand different movement patterns and associated physiological responses), knowledge on the internal and external training load is necessary to ensure that optimal load and recovery needs are met.

Monitoring training load (TL) helps to know the individual responses of athletes in different training sessions <sup>3</sup>. Measurements of the internal training load (ITL) assess physiological stress endured by the athlete, and measurements of the external training load (ETL) quantify physical stimuli performed. The result of training is the consequence of both stimuli and the analysis of ETL and ITL can provide useful information to assess the effects of training <sup>4,5</sup>. However, it seems that only the magnitude of the ITL supported may ultimately be the main determinant of improvements in fitness <sup>6</sup>. For this reason, methods based on the analysis of heart rate (HR) as the measurement of Banister's training impulses (TRIMP) <sup>7</sup>, Edward's training load <sup>8</sup> or Stagno's adaptation to team sports <sup>9</sup> are used to monitor the ITL in soccer. Apart from top level soccer teams, the routine use of HR-based is not always feasible <sup>10</sup>. An alternative low cost and practical strategy to quantify ITL is

session-RPE <sup>11</sup>, which has been extensively shown as a valid and reliable load-monitoring tool in football and other team sports <sup>10</sup>.

Despite that large to very large magnitude correlations have been reported between session-RPE and HR-derived measurements of ITL in soccer training sessions <sup>10,12,13</sup>, some researches have suggested that the magnitude of those correlations can vary depending of the session training topics <sup>12</sup>. In this regard, large correlations ( $r=0.82$ ) were found between session-RPE and Edwards's TL in relatively low intensity, predominantly aerobic sessions (i.e., Technical Session Type) while low magnitude associations ( $r=0.25$ ) were reported in more neuromuscular type of sessions (i.e., Session Type Resistance) in female soccer players <sup>12</sup>. These findings appear to suggest that the session-RPE method might be unable to reflect the underlying HR-inferred physiological stress arising from some of the sessions typically performed by soccer teams. This might be related with the nature of the tasks assessed: very short, high intensity, intermittent exercise intercalated with periods of passive recovery in which HR is unlikely to reflect the intensity of the task <sup>10</sup>. However, virtually no information is currently available on the ITL responses to specific football training sessions carried out during a typical week to prepare players for the weekend game in professional football <sup>13</sup>. Accordingly, the focus of the present study was to describe the ITL of common training sessions performed during a typical week (i.e., with a game every 7 days) in professional football players. In addition, we aimed to determine the relationships between different indicators of ITL commonly employed in football (session-RPE, Stagno's TRIMP<sub>MOD</sub>, Edwards's TL) in different types of training sessions.

## Methods

### *Experimental Design*

The study was conducted over a full competitive season. The competitive season began in the last week of August (week 6, after the preseason) and continued until the first week of June. The team typically performed five training sessions and 1 match a week. Training sessions in this period had duration of ~90 min, (ranging from 60 to 105 min) with a typical structure as shown in Table 1. Training practices were conducted on 3 different fields (all natural grass) within the same facility on rotational basics. Moreover, once a week the team trained in the stadium where official games were played. The coaching staff decided pitch usage and rotation.

Three assessment periods were established in the study (July, November and March) to assess the intermittent performance with the Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Yo-YoIR1)<sup>14</sup>. During the test, the maximum heart rate ( $HR_{max}$ ) of each player was obtained<sup>14</sup> using a heart rate monitor (Polar Team 2®). In those players whose HRs were higher in the course of the training than obtained  $HR_{max}$  in the Yo-YoIR1, the  $HR_{max}$  values shown during the training were retained and used in the analysis. Six weeks after each assessment, the ITL of every training session was monitored. Training sessions were classified into the following categories depending on the topics covered:

- Skill Drills/Circuit Training + Small Sided Games (SCT + SSGs). After the warm up, players performed, at high intensity, 6-12 series of 30 to 45 seconds of explosive drills (e.g., accelerations, changes of direction, jumps) combined with technical skills. These drills were followed by 3-6 sets of 5vs5 to 8vs8 SSGs with goals and goalkeepers played on an individual area of ~85 m<sup>2</sup> per player. SSGs duration ranged from 3 to 5 min with 2 min recovery periods.

- **Ball Possession Games + Technical and Tactical Exercises (BPG + TTE).** After the warm up, the players performed ball possession games (without goalkeepers). The main attacking principle of those ball possession games was to “play fast” (with few touches) while the main defensive principle was to quickly press after losing possession. Ball possession games were organized as 5vs5 up to 8vs8 on an individual area ranging from 35 to 45 m<sup>2</sup> per player. Two to four sets of 4 to 8 min with recovery periods of 2 min were performed. After the ball possession games, a technical and tactical exercise was performed (11vs11 exercises with the aim of training game situations).
- **Tactical Training (TT).** After the warm up period, players performed tactical-related practices. Typically, those practices included 11vs11 exercises with the objective of training game situations related with the upcoming game.
- **Pre-Match activation (PMa).** The day before the match, finishing actions executed at maximum speed were performed. After this, players performed 10-15 min of 11vs11 match play on a 70x65 m area. The session typically ended with 15 min of set pieces.

Only the sessions in which the players participated in full were retained for further analysis.

### ***Participants***

Nine professional soccer players (age:  $26.7 \pm 4.5$  years, height:  $176.5 \pm 6.8$  cm, body mass:  $74.5 \pm 5.7$  kg, % body fat:  $10.1 \pm 0.8\%$ , mean  $\pm$  SD) participated in this study. All players belonged to the same team (2<sup>nd</sup> division Spanish La Liga) and had an average experience in professional football of  $4.5 \pm 4.1$  years. All players signed an informed written consent prior to participating in the study. The present study was approved by the institutional review ethics committee and follows the recommendations of the Declaration of Helsinki.

### ***Exercise Intensity and Internal Training Load***

The HR was recorded every 1s using a telemetry system (Polar Team 2 ®) during all training sessions. Mean heart rate ( $HR_{mean}$ ), maximal heart rate ( $HR_{max}$ ) and percentage of total playing time spent in 80-100% during the sessions was determined. The ITL was quantified via two different methods based on the monitoring of the HR and one based on the RPE.

ITL calculation was performed as proposed by Edwards <sup>8</sup>, which includes the total volume of training intensity, considering 5 zones of different intensity. The calculation was performed for each session by multiplying the accumulated duration each HR zone (min) for a value assigned to each intensity zone (90-100%  $HR_{max}$  = 5, 80-90%  $HR_{max}$  = 2, 70-80%  $HR_{max}$  = 3, 60-70%  $HR_{max}$  = 2, 50-60%  $HR_{max}$  = 1), and finally adding the results.

TRIMP<sub>MOD</sub> calculation was also performed as proposed by Stagno et al. <sup>9</sup>, established five intensity zones with a weighting factor obtained by studying the fractional rise in HR and lactate concentration relationship. Thus, the ITL is determined by calculating the result of multiplying the training duration (min) at each of the current zones for the weighting factor for each zone (93-100%  $HR_{max}$  = 5.16; 86-92%  $HR_{max}$  = 3.61; 79-85%  $HR_{max}$  = 2.54; 72-78%  $HR_{max}$  = 1.71; 65-71%  $HR_{max}$  = 1.25), and perform the summation of the results.

Finally, the ITL was quantified by analyzing the RPE of each session. Each athlete's session-RPE was collected 30 min after each training session using Borg scale-10 <sup>15</sup>, with which they were previously habituated. Afterwards, RPE value was multiplied by the total duration of training (min), according to Foster et al. <sup>11</sup> to estimate the RPE-derived internal training load (sRPE-TL). A total of 288 individual training sessions met all requirements and were included in the analysis.

### ***Statistical Analysis***

Variables are shown as mean ( $\pm$  SD). Precision of estimated are indicated with 90% confidence limits (CL). In addition to the analyses for statistically significant (i.e., paired t-tests), possible differences between periods and training sessions were analyzed (pairwise comparisons) for practical significance using magnitude-based inferences<sup>16</sup>. The data were log-transformed prior to analysis to reduce non-uniformity of error. The effect size (ES) was determined and the threshold values for Cohen ES statistics were trivial (0.0–0.19); small (0.2–0.59); moderate (0.6–1.1); large (1.2–1.9); and very large ( $>2.0$ )<sup>17,18</sup>. Magnitude-based inferences were also used to assess possible differences between duration, HR and ITL indicators during different types of session using the following qualitative probabilities (QP):  $<1\%$ ; almost certainly not,  $<5\%$ ; very unlikely,  $<25\%$ ; unlikely/probably not, 25–75%; possibly/possibly not,  $>75\%$ ; likely/probably,  $>95\%$ ; very likely,  $>99\%$ ; almost certainly. A substantial effect was set at  $>75\%$ <sup>17,19,20</sup>. Pearson correlation coefficient was used to examine the relationships between different ITL measurements. The threshold values were small (0.1–0.2), moderate (0.3–0.4); large (0.5–0.6); very large (0.7–0.8) and extremely large ( $\geq 0.9$ )<sup>18</sup>.

### **Results**

Yo-YoIR1 performance in July (pre-season) was substantially lower compared with the November (ES=  $0.68 \pm 0.18$  QP= 100/0/0) and March (ES=  $0.75 \pm 0.30$  QP= 100/0/0) assessment ( $2609 \pm 312$  m vs.  $2849 \pm 320$  m vs.  $2880 \pm 374$  m, respectively), while there were no differences in the HR<sub>max</sub> attained during the test ( $184 \pm 8$  bpm vs.  $184 \pm 12$  bpm vs.  $185 \pm 10$ , respectively).

HR recorded and ITL measures are shown in Table 2. HR values obtained during SCT + SSGs and BPG + TTE were substantially greater than the other two sessions. All the ITL markers and session duration were substantially greater in SCT + SSGs than in any other

session. All ITL measures in BPG + TTE were substantially greater than in TT and PMa sessions (Table 2).

Mean (90% confidence limits) within-individual correlations between sRPE-TL and HR recorded during different type of sessions are shown in Table 3. Large relationships were found between HR >80% HR<sub>max</sub>- and HR >90% HR<sub>max</sub> - sRPR-TL during BPG + TTE and TT sessions ( $r = 0.61$  to  $0.68$ ). All the other correlations were unclear.

Mean (90% confident limits) of within-individual correlations between ITL and intensity markers in the different training sessions are presented in Table 4. Very large relationships were founded between Edward's TL – sRPE-TL and between TRIMP<sub>MOD</sub> - sRPE-TL in sessions with BPG + TTE and TT ( $r = 0.73$  to  $0.87$ ). Correlations between the different HR-based methods were always extremely large ( $r = 0.92$  to  $0.98$ ) (Table 4). Unclear correlations were observed for other relationships between variables.

## Discussion

Careful planning and periodization of the weekly training topics and sessions is an important aspect of sustainable performance during the long competitive season in professional football. Thus, the aim of the present study was to examine the internal loads associated with training sessions typically prescribed during a standard week (with a game every 7 days) by coaches in professional football. Present results seem to confirm that training sessions carried out at the beginning of the week were characterized by greater ITL than those performed at the end of the week (when the game is closer). A secondary aim was to determine the relationship between different indicators of ITL commonly employed in football. Relationships across each different session revealed variable magnitude's strength (from very large to small and unclear) of correlations between HR-based TL methods and sRPE-TL.



Internal training load measures determined from session-RPE were highest for SCT + SSGs followed by BPG + TTE, which were perceived harder than both TT and PMa (Table 2). There is very limited literature describing the internal load associated to different type of training sessions in male's professional soccer players<sup>13</sup>. Jeong et al.<sup>13</sup> reported the Physical Training sessions ( $7 \pm 1$  au) to be of similar intensity to SCT + SSGs and BPG + TTE. Furthermore, Technical/Tactical training ( $4 \pm 1$  au) and Physical and Technical/Tactical training ( $4 \pm 1$  au) were of intensities lower than any of the sessions investigated in the present study. Previously, Jeong et al.<sup>13</sup> reported mean HR for Physical Training sessions ( $72 \pm 3\%$  HR<sub>max</sub>) to be of similar intensity than SCT + SSGs and BPG + TTE but with substantially less time spent  $>90\%$ HR<sub>max</sub> ( $0.4 \pm 1.0\%$ ). Moreover, mean HR during Technical/Tactical training ( $60 \pm 5\%$ ) and Physical and Technical/Tactical training ( $59 \pm 3\%$ ), and time spent  $>90\%$ HR<sub>max</sub> ( $0.6 \pm 1\%$  and  $0.2 \pm 1\%$ ) were lower than presently reported for any session category (Table 2).

Despite substantial perceptual differences between SCT + SSGs ( $7.4 \pm 0.7$  au) followed by BPG + TTE ( $6.9 \pm 1.4$  au), there were no substantial differences in any heart rate measure (mean HR, peak HR,  $>80\%$ HR<sub>max</sub> or  $>90\%$ HR<sub>max</sub>) between these two different type of training sessions. However, mean training duration in SCT + SSGs ( $87.0 \pm 11.1$ ) was substantially longer than in BPG + TTE ( $73.8 \pm 13.5$ ), suggesting that sRPE-TL might not be considered a “pure” measure of training “intensity” and that exercise duration should be also taken into consideration. Apart from this discrepancy between session-RPE and HR-derived ITL markers in these two kind of sessions, there were clear trends for the sessions performed at the beginning of the week (i.e., SCT + SSGs and BPG + TTE) to be characterized by the greater internal load (RPE and HR) than the sessions performed the two days immediately before the week match (i.e., TT and MPa). This supports the idea that coaches deliberately reduced the load in the days preceding the match<sup>21,22</sup>.

An important finding of the present study was the variable magnitude of the within-individual correlations between the various markers of ITL and intensity in the different training sessions (Table 3 and 4). A previous study<sup>12</sup> in women's soccer found very large correlations between sRPE-TL and Edwards's TL in Technical Session Type ( $r = 0.82$ ), and small correlations between sRPE-TL and Banister's TRIMP in Session Type Resistance ( $r = 0.25$ ). Present data shows that HR-derived measures of intensity (Table 3) and internal training load (Table 4) are substantially correlated with sRPE-TL in most, but not all, training sessions. Interestingly, the training session perceived as harder and with the RPE-derived higher internal training load (i.e., SCT + SSGs) showed the overall weaker correlations with HR measures of both intensity (Table 3) and ITL (i.e., volume; Table 4). While BPG + TTE and TT sessions were typically largely to very largely correlated with both HR-derived measures of intensity and internal training load. The reason for the poorer RPE-HR correlations in SCT + SSGs, indicating substantial individual responses, compared with BPG + TTE and TT is unknown. It could be speculated that because SCT + SSGs are typically performed ~72 h after the last match, important between-player differences in recovery status might be present as it has been reported that 72 h after a soccer match some players can still have elevated (i.e., higher than pre-match) physiological, neuromuscular, metabolic and perceptual responses<sup>23,24</sup>. As both mental and physical feelings of fatigue and tiredness and muscle soreness<sup>23</sup> can influence session-RPE, such between player differences in pre-session recovery status might substantially modify the relationships between the physiological load arising from the session and the players' perceived exercise intensity. On the contrary, as the week advances and players have more time to recover, pre-training session between-player recovery status might be more even, which might, at least partly, explain the greater magnitude correlation between HR-RPE observed in BPG + TTE and TT (both sessions are

typically performed ~86 and 100 hour after the game, respectively). Another possible explanation for the poorer RPE-HR correlations in SCT + SSGs is that these sessions usually include short high-intensity lifting efforts and particularly in our case heavy neuromuscular load. Previous studies showed that HR-based TL methods reflected a low validity to quantify this type of exercise <sup>10</sup> and this could be another reason of these results.

Another finding of our study was that the sRPE-TL & TRIMP<sub>MOD</sub> relationships were similar than those between sRPE-TL& Edwards's TL (Table 4). The TRIMP<sub>MOD</sub> method has been suggested to be a more accurate method than Edwards's TL to estimated internal training load in team sports <sup>9</sup>. In the present study, however, both methods yielded similar relationships with sRPE-TL.

## **Conclusions and Practical Applications**

To summarize, session-RPE provided variable magnitude within-individual correlations with HR-derived measures of training intensity and load during different types of training sessions typically performed during a week in professional soccer. Caution should be applied when using RPE- or HR-derived measures of exercise intensity/load in soccer training interchangeably.

Due to the limited training time and the need to maintain high levels of physical fitness over the long competitive season in contemporary soccer, the monitoring of players individual physiological and perceptual responses to different training sessions during the week appears critical. While a clear trend towards a greater physiological and perceptual load in sessions performed at the beginning of the week appears to be a conscious decision by the coaches, substantial between-player differences in the perceptual-physiological relationship were found in the present study in those sessions (i.e., SCT + SSGs). Thus, care should be

taken when monitoring those sessions. For example, further measures might be desirable in players showing divergent HR and session-RPE results during such sessions.

## References

1. Nedelec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in soccer : part ii-recovery strategies. *Sports Med* 2013;43:9-22.
2. Rebelo A, Brito J, Seabra A, Oliveira J, Drust B, Krstrup P. A new tool to measure training load in soccer training and match play. *Int J Sports Med* 2012;33:297-304.
3. Manzi V, Iellamo F, Impellizzeri F, D'Ottavio S, Castagna C. Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41:2090-6.
4. Casamichana D, Castellano J, Calleja-Gonzalez J, San Roman J, Castagna C. Relationship between indicators of training load in soccer players. *J Strength Cond Res* 2013;27:369-74.
5. Scott BR, Lockie RG, Knight TJ, Clark AC, Janse de Jonge XA. A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform* 2013;8:195-202.
6. Akubat I, Barrett S, Abt G. Integrating the Internal and External Training Load in Soccer. *Int J Sports Physiol Perform* 2013.
7. Banister EW. Modeling elite athletic performance. In: H. Green JM, and H. Wenger, ed. *Physiological Testing of Elite Athletes* Champaign: Human Kinetics, 1991:403-424.
8. Edwards S. High performance training and racing. In: Edwards S, ed. *The Heart Rate Monitor Book*. Sacramento, 1993:113-123.
9. Stagno KM, Thatcher R, van Someren KA. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci* 2007;25:629-34.
10. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:1042-7.
11. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, Dodge C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 2001;15:109-15.
12. Alexiou H, Coutts AJ. A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perform* 2008;3:320-30.
13. Jeong TS, Reilly T, Morton J, Bae SW, Drust B. Quantification of the physiological loading of one week of "pre-season" and one week of "in-season" training in professional soccer players. *J Sports Sci* 2011;29:1161-6.
14. Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med* 2008;38:37-51.
15. Borg G, Hassmen P, Lagerstrom M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1987;56:679-85.

16. Hopkins WG. Spreadsheets for analysis of controlled trials, with adjustment for a subject characteristics. *SportScience* 2006;10:46-50.
17. Batterham AM, Hopkins WG. Making meaningful inferences about magnitudes. *Int J Sports Physiol Perform* 2006;1:50-7.
18. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41:3-13.
19. Suarez-Arrones L, Arenas C, Lopez G, Requena B, Terrill O, Mendez-Villanueva A. Positional differences in match running performance and physical collisions in men rugby sevens. *Int J Sports Physiol Perform* 2014;9:316-23.
20. Suarez-Arrones L, Nunez J, Munguia-Izquierdo D, Portillo J, Mendez-Villanueva A. Impact of several matches in a day on physical performance in Rugby Sevens referees. *Int J Sports Physiol Perform* 2013;8:496-501.
21. Coutts AJ, Reaburn P. Monitoring changes in rugby league players' perceived stress and recovery during intensified training. *Percept Mot Skills* 2008;106:904-16.
22. McLean BD, Coutts AJ, Kelly V, McGuigan MR, Cormack SJ. Neuromuscular, endocrine, and perceptual fatigue responses during different length between-match microcycles in professional rugby league players. *Int J Sports Physiol Perform* 2010;5:367-83.
23. Ascensao A, Rebelo A, Oliveira E, Marques F, Pereira L, Magalhaes J. Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clin Biochem* 2008;41:841-51.
24. Krstrup P, Ortenblad N, Nielsen J, Nybo L, Gunnarsson TP, Iaia FM, Madsen K, Stephens F, Greenhaff P, Bangsbo J. Maximal voluntary contraction force, SR function and glycogen resynthesis during the first 72 h after a high-level competitive soccer game. *Eur J Appl Physiol* 2011;111:2987-95.

**Table 1.** Weekly working structure during the competitive season.

MONDAY	TUESDAY	WEDNESDAY	THURSDAY	FRIDAY	SATURDAY	SUNDAY
Post-Match Recovery Session or COMP-TL	Rest	Skill Drills/Circuit Training + SSGs Session	Ball Possession Games + Technical- Tactical Exercises	Tactical Training	Pre-match Activation	Official Match

SSGs: Small-Sided Games; COMP-TL: Compensatory Training Load (only for players who did not participated in the match or played less than 45 min).

**Table 2.** Comparison between duration, HR recorded and ITL indicators during different types of session (Data are mean  $\pm$  SD).

	Session length (min)	Intensity					Training Load		
		RPE	Mean HR (%HR <sub>max</sub> )	Peak HR (%HR <sub>max</sub> )	>80%HR <sub>max</sub>	>90%HR <sub>max</sub>	TRIMP <sub>MOD</sub>	Edwards's TL	sRPE-TL
SCT + SSGs	87.0 $\pm$ 11.1 <sup>*</sup>	7.4 $\pm$ 0.7 <sup>*</sup>	70.5 $\pm$ 3.8 <sup>+</sup>	95.4 $\pm$ 2.8 <sup>+</sup>	26.2 $\pm$ 8.0 <sup>+</sup>	9.0 $\pm$ 6.6 <sup>+</sup>	132.9 $\pm$ 34.7 <sup>*</sup>	226.2 $\pm$ 37.5 <sup>*</sup>	642.4 $\pm$ 108.6 <sup>*</sup>
BPG + TTE	73.8 $\pm$ 13.5	6.9 $\pm$ 1.4 <sup>+</sup>	71.2 $\pm$ 4.4 <sup>+</sup>	94.8 $\pm$ 3.7 <sup>+</sup>	24.1 $\pm$ 8.3 <sup>+</sup>	9.4 $\pm$ 7.3 <sup>+</sup>	119.6 $\pm$ 38.6 <sup>+</sup>	197.7 $\pm$ 47.1 <sup>+</sup>	516.8 $\pm$ 178.0 <sup>+</sup>
TT	74.2 $\pm$ 11.4	4.8 $\pm$ 1.7	66.2 $\pm$ 4.9	91.4 $\pm$ 4.1	14.5 $\pm$ 10.7	2.2 $\pm$ 3.7	85.1 $\pm$ 37.6	166.0 $\pm$ 51.4	370.5 $\pm$ 182.0
PMa	72.7 $\pm$ 8.1	4.5 $\pm$ 0.9	65.6 $\pm$ 3.3	92.3 $\pm$ 4.4	10.7 $\pm$ 4.8	2.7 $\pm$ 2.8	73.6 $\pm$ 22.3	156.2 $\pm$ 30.2	328.0 $\pm$ 82.7

*SCT+SSGs*: Skill Drills/Circuit Training + Small Sided Games. *BPG+TTE*: Ball Possession Games + Technical and Tactical Exercises. *TT*: Tactical Training. *PMa*: Pre-Match activation. *HR*: Hear rate. *TRIMP<sub>MOD</sub>*: Stagno's training load <sup>9</sup>; *Edwards's TL*: Edward's training load <sup>8</sup>; *sRPE-TL*: Session-RPE training load <sup>11</sup>. \*: Substantial difference (was set at >75%) vs. other training sessions; +: Substantial difference (was set at >75%) vs. TT and PMa training sessions.



**Table 3.** Mean (90% confidence limits) within-individual correlations between intensity measures of sRPE-TL and heart rate recorded during different type of training sessions in male professional football players.

Sessions	Average HR (%HR <sub>max</sub> )	> 80% HR <sub>max</sub>	> 90% HR <sub>max</sub>
SCT + SSGs	- 0.06 (-0.14;0.25)	0.23 (0.04;0.41)	0.11 (-0.09;0.30)
BPG + TTE	0.12 (-0.08;0.31)	0.61 (0.47;0.72)	0.62 (0.48;0.73)
TT	0.39 (0.21;0.54)	0.67 (0.55;0.77)	0.68 (0.56;0.77)
PMa	0.21 (0.02;0.39)	0.34 (0.15;0.50)	0.38 (0.20;0.54)

*SCT+SSGs*: Skill Drills/Circuit Training + Small Sided Games. *BPG+TTE*: Ball Possession Games + Technical and Tactical Exercises. *TT*: Tactical Training. *PMa*: Pre-Match activation. *HR*: Hear rate. *sRPE-TL*: session-RPE training load.

**Table 4.** Mean (90% confidence limits) within-individual correlations between HR- and RPE-derived measures of internal training load.

<b>SCT + SSGs</b>	TRIMP <sub>MOD</sub>	Edwards's TL	sRPE-TL
TRIMP <sub>MOD</sub>	----	0.93 (0.90;0.95)	0.35 (0.17;0.51)
Edwards's TL	----	----	0.55 (0.40;0.67)
sRPE-TL	----	----	----
<b>BPG + TTE</b>	TRIMP <sub>MOD</sub>	Edwards's TL	sRPE-TL
TRIMP <sub>MOD</sub>	----	0.93 (0.90;0.95)	0.73 (0.62;0.81)
Edwards's TL	----	----	0.87 (0.81;0.91)
sRPE-TL	----	----	----
<b>TT</b>	TRIMP <sub>MOD</sub>	Edwards's TL	sRPE-TL
TRIMP <sub>MOD</sub>	----	0.98 (0.97;0.99)	0.78 (0.69;0.85)
Edwards's TL	----	----	0.80 (0.72;0.86)
sRPE-TL	----	----	----
<b>PMa</b>	TRIMP <sub>MOD</sub>	Edwards's TL	sRPE-TL
TRIMP <sub>MOD</sub>	----	0.92 (0.88;0.95)	0.38 (0.20;0.54)
Edwards's TL	----	----	0.50 (0.34;0.63)
sRPE-TL	----	----	----

*SCT+SSGs*: Skill Drills/Circuit Training + Small Sided Games. *BPG+TTE*: Ball Possession Games + Technical and Tactical Exercises. *TT*: Tactical Training. *PMa*: Pre-Match activation. *TRIMP<sub>MOD</sub>*: Stagno's training load <sup>9</sup>; *Edwards's TL*: Edward's training load <sup>8</sup>; *sRPE-TL*: Session-RPE training load <sup>11</sup>.